

## Tesis de Maestría

# Compuestos antioxidantes presentes en dos cultivares de batata (*Ipomoea batata* L.; Lam) de pulpa naranja, en el producto fresco y procesado como dulce

Gabilondo, Julieta

2015-12-15

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

#### Cita tipo APA:

Gabilondo, Julieta. (2015-12-15). Compuestos antioxidantes presentes en dos cultivares de batata (*Ipomoea batata* L.; Lam) de pulpa naranja, en el producto fresco y procesado como dulce. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

#### Cita tipo Chicago:

Gabilondo, Julieta. "Compuestos antioxidantes presentes en dos cultivares de batata (*Ipomoea batata* L.; Lam) de pulpa naranja, en el producto fresco y procesado como dulce". Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2015-12-15.

**EXACTAS** UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



**UBA**

Universidad de Buenos Aires



**UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES**

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Maestría en Bromatología y Tecnología de la Industrialización de los Alimentos

**Compuestos antioxidantes presentes en dos cultivares de batata  
(*Ipomoea batata* L.; Lam) de pulpa naranja, en el producto fresco y  
procesado como dulce**

Tesis presentada para optar al título de Magister en Bromatología y Tecnología de la  
Industrialización de los Alimentos de la Universidad de Buenos Aires

**Lic. Julieta Gabilondo**

Director de tesis: Dra. Laura Sara Malec

Co- Director de tesis: Dra. Graciela Corbino

Lugar de trabajo: Departamento de Química Orgánica, FCEN, UBA

Buenos Aires, Argentina.

2015

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la variación de compuestos antioxidantes en la batata durante su conservación y en las distintas etapas de la elaboración del dulce. Se analizaron dos cultivares de pulpa naranja, *Beauregard* y *Colorado INTA* a la cosecha y después de 90 días de almacenamiento en cámara a 13 °C, determinando fenoles totales (FT) e individuales (FI), actividad antioxidante (AA) y antocianinas totales (AT) en la piel y en la pulpa; en esta última además se analizó el color y carotenos totales (CT). Se elaboraron dulces con pulpa y con batata entera y se determinó la AA, el contenido de FT y FI luego de la cocción al vapor, en el dulce y luego de la cocción sin agregado de azúcar. El cultivar *Colorado INTA* resultó más rico, en todos los compuestos analizados, que el cultivar *Beauregard*. El contenido de antocianinas fue bajos en todos los casos. Durante el almacenamiento se observaron aumentos en la AA y el contenido de FT, principalmente en el cultivar *Colorado INTA*. Las batatas de pulpa naranja analizadas pueden considerarse una excelente fuente de carotenos, tanto en los cultivares a la cosecha como luego de su almacenamiento. Los valores de la AA y el contenido de FT en los dulces fueron significativamente menores que los productos crudos, siendo las pérdidas mayores en *Beauregard* (60% FT y 50% AA) que en *Colorado INTA* (30% FT y 40% AA). En CT fueron cercanos al 80% en ambos cultivares. Durante el procesamiento, las disminuciones más importantes se produjeron luego del agregado del azúcar. Por lo tanto, para minimizar las pérdidas de estos compuestos en el dulce de batata debería considerarse reducir el tiempo de cocción luego de la adición del azúcar o analizar el efecto de otros edulcorantes nutritivos. Además de utilizar cultivares, como *Colorado INTA*, con mejores propiedades funcionales tanto en las muestras frescas como procesadas.

**PALABRAS CLAVES:** batata, actividad antioxidante, compuestos fenólicos, carotenos, almacenamiento, dulce de batata

**Antioxidant compounds in two orange-fleshed sweet potato cultivars  
(*Ipomoea batata* L.; Lam), in fresh roots and processed as sweet potato paste**

The aim of this work was to study the variation in antioxidant compounds in sweet potato during storage and at the different stages of processing sweet potato paste. Two orange-fleshed cultivars, *Beauregard* and *Colorado INTA*, were analyzed freshly harvested and after 90 days of storage at 13 °C chamber. Total (TP) and individual phenols (IP), antioxidant activity (AA) and total anthocyanins (TA) were determined in the skin and the pulp; in the latter also color and total carotene (TC) were analyzed. Sweet potato paste was prepared with pulp and with whole sweet potato. AA, TP and IP content were determined after steaming, in the paste and after cooking the paste without sugar added. All compounds showed higher contents in the cultivar *Colorado INTA* than in *Beauregard*. Anthocyanin contents were low in all cases. During storage, AA and TP increased mainly in the cultivar *Colorado INTA*. The orange fleshed sweet potatoes analyzed can be considered an excellent source of carotenes in both cultivars as freshly harvested and after storage. The values of AA and TP were significantly lower in the paste than in raw products, with greater losses in *Beauregard* (60% TP and 50% AA) than in *Colorado INTA* (30% TP and 40% AA). In TC they were around 80% in both cultivars. During processing, the largest decline occurred after the addition of sugar. Therefore, reducing the cooking time after the incorporation of sugar or analyze the effect of other nutritive sweeteners should be considered to minimize losses of these compounds in the paste. The use of cultivars, as *Colorado INTA*, with better functional properties in fresh and processed samples is suggested.

**KEYWORDS:** sweet potatoes, antioxidant activity, phenolic compounds, carotenoids, storage, sweet potato paste

## *Agradecimientos*

---

- Al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA): por haberme autorizado y financiado la realización de este posgrado.
- A mi directora, Dra. Laura Malec, por haber confiado en mí para realizar esta tesis y por la paciencia que me ha tenido.
- A mi Co- directora, Dra. Graciela Corbino, por haber colaborado en la realización de esta tesis.
- Al Dr. Hugo Chulil, por su paciencia y buena predisposición en las determinaciones de los ácidos fenólicos.
- A todos mis compañeros de INTA, que han colaborado de alguna u otra manera para la finalización de esta tesis: especialmente a mi grupo de trabajo, y a la bibliotecaria, Fedra Albarracín, por la innumerable bibliografía que me ha conseguido.
- A mi familia, a Martín y a mis amigas que han escuchado más de una vez... *“Tengo que sentarme con la tesis...”*

Se agradece el apoyo financiero de las actividades realizadas a los proyectos INTA:

- Proyecto Regional con enfoque territorial, PReT 1271208
- Proyecto Nacional de Alimentos y Agregado de Valor, PNAyAV 1130043

<b>1.</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>8</b>
1.1.	Origen e historia del cultivo de batata .....	8
1.2.	Situación mundial del cultivo de batata.....	8
1.3.	La batata en la República Argentina .....	9
1.4.	Consumo.....	11
1.5.	Características botánicas del cultivo. Cultivares.....	13
1.6.	Cosecha y Poscosecha.....	13
1.7.	Procesado hogareño e industrialización.....	14
1.8.	Dulces sólidos.....	15
1.9.	Aspectos nutricionales de la batata.....	16
1.10.	Radicales libres y compuestos antioxidantes .....	17
1.10.1.	Compuestos fenólicos.....	19
1.10.1.1.	Ácidos fenólicos individuales.....	19
1.10.1.2.	Antocianinas.....	21
1.10.2.	Carotenoides.....	22
1.11.	Compuestos antioxidantes y su vinculación con la salud.....	23
1.12.	Compuestos antioxidantes en la batata.....	24
<b>2.</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>27</b>
<b>3.</b>	<b>Materiales y métodos.....</b>	<b>29</b>
3.1.	Muestras vegetales.....	29
3.2.	Elaboración del dulce .....	30
3.3.	Determinaciones analíticas.....	32

3.3.1.	Humedad.....	32
3.3.2.	Preparación de los extractos.....	32
3.3.3.	Determinación de fenoles totales.....	32
3.3.4.	Curva de calibración para fenoles totales.....	33
3.3.5.	Identificación y cuantificación de ácidos fenólicos.....	34
3.3.6.	Curva de calibración para ácidos fenólicos.....	35
3.3.7.	Determinación de la actividad antioxidante.....	36
3.3.8.	Curva de calibración para la actividad antioxidante.....	37
3.3.9.	Extracción y determinación de antocianinas totales.....	38
3.3.10.	Curva de calibración para antocianinas totales.....	39
3.3.11.	Determinación de carotenos totales.....	40
3.3.12.	Curva de calibración para carotenos totales.....	41
3.3.13.	Color.....	42
3.3.14.	Análisis estadístico.....	42
<b>4.</b>	<b>Resultados y discusión.....</b>	<b>43</b>
4.1.	Batatas recién cosechadas.....	43
4.1.1.	Fenoles totales.....	43
4.1.2.	Ácidos fenólicos individuales.....	44
4.1.3.	Actividad antioxidante.....	47
4.1.4.	Antocianinas totales.....	48
4.1.5.	Carotenos totales.....	49
4.1.6.	Color.....	51
4.2.	Almacenamiento en cámara.....	52

4.2.1. Fenoles totales.....	53
4.2.2. Ácidos fenólicos individuales.....	55
4.2.3. Actividad antioxidante.....	58
4.2.4. Correlación entre el contenido de fenoles totales y actividad antioxidante.....	60
4.2.5. Antocianinas totales.....	61
4.2.6. Carotenos totales.....	62
4.2.7. Color.....	63
4.2.8. Correlación entre el color y el contenido de carotenos totales.....	64
4.3. Proceso de elaboración del dulce.....	66
4.3.1. Fenoles totales.....	66
4.3.2. Ácidos fenólicos individuales.....	70
4.3.3. Actividad antioxidante.....	74
4.3.4. Carotenos totales.....	77
<b>5. Conclusiones .....</b>	<b>80</b>
<b>6. Bibliografía.....</b>	<b>83</b>



### 1.1. Origen e historia del cultivo de batata (*Ipomoea batata* L.)

La batata (*Ipomoea batata* (L.) Lam) es uno de los alimentos más difundidos en los países tropicales, subtropicales y regiones de temperaturas cálidas. Su origen aún está en discusión pero hay evidencias arqueológicas e históricas que indican que es originaria de América Central y regiones de llanura de América del Sur. Fue una de las primeras plantas utilizadas por el hombre. En Perú se han hallado restos de batata de 8000 a 10000 de antigüedad. Las civilizaciones Maya e Inca ya la cultivaban (Woolfe, 1993). El descubrimiento de América la difundió por todo el mundo llegando incluso a las regiones templadas, donde se logró su adaptación mediante nuevas técnicas de cultivo y mejoramiento de clones. En la mayoría de los países de habla hispana es llamada *camote* o *boniato*, con excepción de Paraguay, donde se denomina *yeti* y en Perú, *kumara*. En Brasil se la denomina *cara* o *jética*. La designación en otros idiomas es *batata doce* en portugués, *batata* en italiano, *patate douce* en francés, *sweet potato* en inglés (Cusumano y Zamudio, 2013).

### 1.2. Situación mundial del cultivo de batata

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) considera a la batata un cultivo de gran importancia en los países en desarrollo, y tradicional pero menos importante en algunos países más desarrollados. Se cultiva en más de 100 países, siendo el sexto cultivo más importante después del arroz, trigo, papa, maíz y mandioca (CIP, 2010). Según datos de la FAO la producción fue cercana a las 110 millones de toneladas y una superficie mayor a 8 millones de hectáreas en el año 2013. Los países en

desarrollo producen y consumen casi el total de la batata en el mundo. Pese a ser un cultivo de origen americano, más del 78% de su producción se sitúa en Asia, le siguen África (17,6%) y América (3%). Los principales productores son China (71% de la producción mundial), Nigeria, Uganda, Tanzania, Indonesia y en menor importancia, Vietnam, India y Estados Unidos. Argentina es el tercer país en América después de Estados Unidos y Brasil. El principal exportador es Estados Unidos con un 36% del total de los envíos, le sigue China con 13% y el resto de las exportaciones se encuentran atomizadas con participaciones inferiores al 5%. Los principales compradores mundiales son Canadá y Reino Unido concentrando más del 30% del volumen importado (FAOStat, 2015).

### **1.3. La batata en la República Argentina**

En nuestro país, la batata ha sido cultivada mucho antes del descubrimiento de América, siendo actualmente una hortaliza de consumo popular y base de la industria del dulce de batata, postre típico nacional. Según datos de la FAO para el año 2013, el área plantada de batata era de aproximadamente 26.000 hectáreas con una producción de 410.000 toneladas y un consumo aparente por habitante por año de 10 kg (FAOStat, 2015). Las principales regiones productoras del cultivo de batata son la pampeana (Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe) con un 43% y el noreste (Entre Ríos, Corriente, Formosa y Chaco) con el 40%. Le siguen en importancia el noroeste (Jujuy, Salta y Tucumán) con una superficie plantada del 15% y por último cuyo con el 2% (INTA-MCBA, 2013). *Morada INTA, Arapey, Okinawa 100, Blanca santafesina y Famaillá 6*, son algunas de las variedades más cultivadas. Debido a su sensibilidad al frío, la época de cosecha del cultivo depende de la zona geográfica. En Argentina, la disponibilidad de las raíces a lo largo de año se distribuye de la

siguiente manera: Chaco y Formosa, fines de enero y febrero; Buenos Aires, desde febrero hasta principios de abril (dependiendo del comienzo de las heladas); Córdoba y norte de Santa Fe, durante mayo y junio, Formosa y resto de Santa Fe, se incrementa la disponibilidad a partir de la primavera. Las importaciones, principalmente desde Brasil, suelen ingresar desde agosto hasta diciembre, cuando disminuye el ingreso de batata local en el mercado (INTA-CMCBA, 2013).

En la zona de San Pedro, es uno de los cultivos tradicionales. De acuerdo a estimaciones del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), el área cultivada representa más del 20 % de la superficie plantada en nuestro país. Su producción se destina a abastecer principalmente a la ciudad de Buenos Aires y el conurbano. Su importancia económica se incrementa con la cantidad de lavaderos en la zona, que procesan batatas de distintas regiones del país durante gran parte del año. Además, en la zona se encuentran industrias que producen dulce de batata como una alternativa para la producción local. Existe un mercado potencial para la exportación de batata en fresco, de aproximadamente 150.000 ton/año, liderado por Canadá, Reino Unido y Países Bajos, en el cual Argentina no participa. Este valor corresponde a casi la mitad de la producción nacional. Para participar en este segmento del mercado es necesario contar con cultivares de características diferentes a los que se producen en nuestro país. El mercado europeo y estadounidense prefiere cultivares de pulpa naranja, poco difundidos en Argentina. En los mercados mayoristas de primera venta en Europa, la batata de estas características logra precios elevados con relación a los valores locales pagados a productores, independientemente del canal y modalidad de venta utilizada. Es por ello, que el desafío de los productores

nacionales consistiría en ingresar a ese potencial mercado para tener acceso a los precios internacionales de este producto.

#### **1.4. Consumo**

El consumo de batata varía dentro de los países, regiones y época del año. En Argentina, la disponibilidad y consumo per cápita de hortalizas frescas, en general, presenta una tendencia negativa, con una disminución en la oferta del 20% en los últimos 50 años. En nuestro país, el consumo de hortalizas para el 2011 era de 70 kg/hab./año, de los cuales el 7% corresponde a batata (Borrás y col., 2014). A pesar del alto valor nutricional, el consumo de batatas es bajo en Argentina y otros países de América y Europa. Según Barbero y col. (2012), el 70% de los responsables de compras del hogar no asocia o recuerda propiedades nutritivas benéficas de las verduras. Un mayor conocimiento de las propiedades benéficas para la salud podría promover su consumo.

#### **1.5. Características botánicas del cultivo. Cultivares**

La batata es una planta dicotiledónea perteneciente a la Familia *Convolvulaceae*, Género *Ipomoea*, Sección *Eriospermum*, Especie *Ipomoea batatas* L. (Lam). Es por lo general de hábito rastrero con tallos que se extienden horizontalmente sobre el suelo desarrollando un follaje relativamente bajo. Es una planta perenne que se propaga vegetativamente y se cultiva como anual durante la estación templada (4-6 meses libre de heladas) debido a que las raíces son sensibles al frío. Su principal parte comestible es su raíz tuberosa aunque sus hojas también se consumen. Es una especie de amplia adaptabilidad ecológica y agroeconómica lo que contribuye a que exista una gran diversidad genética entre los

cultivares con distintas características agronómicas, organolépticas y nutricionales. Estos difieren entre sí por su color de piel (blanca, crema, marrón, amarilla, roja o púrpura) o pulpa (blanca, crema, amarilla, naranja o púrpura rojiza), en el tamaño y forma de las raíces y hojas, en la profundidad de enraizamiento, el tiempo de madurez, la resistencia a enfermedades y en la textura de las raíces cocidas (Woolfe, 1993).

Algunos de los cultivares más difundidos en la Argentina (Martí y col., 2014) son:

- *Arapey*: Cultivar desarrollado por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) de Uruguay, de piel morada y pulpa amarilla. Tiene excelente rendimiento, es precoz (ciclo de 110 días), y presenta buena calidad culinaria (escasa fibra) aunque de poco sabor y susceptible a algunas plagas.
- *Morada INTA*: Es el cultivar tradicional, fue obtenido por mejoramiento genético hace más de veinte años y su vigencia se debe a su muy buen rendimiento, excelente sabor y muy buena conservación en condiciones de campo. Es de textura seca, color de piel morado y de pulpa amarilla con inclusiones naranja. Actualmente está siendo reemplazada por otros cultivares debido a su largo ciclo de desarrollo (superior a 150 días).
- *Santafesina*: Raíces tuberosas de piel fina de color crema y pulpa blanca. De susceptibilidad media a enfermedades.
- *Okinawa 100*: Es de origen japonés. Tiene piel crema y pulpa blanca. Es de ciclo largo aunque de muy buen rendimiento.

En los últimos años, la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) del INTA San Pedro ha comenzado a estudiar la adaptación a la zona, el rendimiento, la sensibilidad a enfermedades y calidad nutricional en dos cultivares poco difundidos aun en nuestro país:

*Colorado INTA*: Desarrollado por la EEA San Pedro e inscripto en el año 2010. Posee piel morada y pulpa naranja de textura semi-húmeda, con manchas moradas. Su interés surge de la posibilidad de insertarlo en los mercados de Estados Unidos y Europa debido a la coloración de la pulpa.

*Beauregard*: Es de textura húmeda, color de piel cobrizo y pulpa naranja. Es el cultivar más utilizado en Estados Unidos. Existe información del comportamiento de éste en dicho país, pero no hay referencias de su manejo a campo, rendimiento y calidad, entre otras, en nuestro país, como en América del Sur. En ensayos en el INTA San Pedro se ha destacado por su precocidad y rendimiento.

#### **1.6. Cosecha y poscosecha**

La cosecha se inicia dando vuelta los surcos con un arado de reja o manualmente, de manera de exponer las batatas a la superficie y enterrar la parte aérea. Debido a que no tienen una madurez definida, las raíces están listas para cosechar una vez que alcanzan el tamaño deseado (3 o 4 meses después de la plantación). Debido a esto pueden cosecharse siguiendo períodos de cultivo de duración ampliamente variable. A fin de favorecer la conservación por un tiempo prolongado, se recomienda cosechar las batatas cuando las plantas han disminuido su velocidad de crecimiento debido a las temperaturas frescas del otoño. La piel de la batata es fina y se daña fácilmente durante el manipuleo. Una cosecha cuidadosa reducirá los daños físicos en la piel además de la incidencia de un ataque bacteriano durante el almacenamiento (Martí y col., 2014). Una vez cosechadas las raíces pueden ser almacenadas bajo condiciones controladas por 6-10 meses. Una práctica común es el curado de las raíces inmediatamente después de la cosecha, que consiste en exponer

las raíces a aproximadamente 25-32 °C y 90-95% de humedad relativa (HR) en un ambiente ventilado por  $7 \pm 2$  días. Este ambiente, crea condiciones que facilitan la cicatrización de las heridas producidas durante la cosecha. Según las condiciones climáticas y económicas, el curado puede realizarse al aire libre o en cámaras con temperatura y HR controladas. Los cambios producidos en la piel durante el curado reducen la pérdida de agua y actúan como barrera al ataque de patógenos disminuyendo las pérdidas en almacenamientos prolongados, mejorando la textura e incrementando el contenido de azúcares (Picha, 1985). Previo a la selección, embalaje y comercialización, las raíces se someten a un proceso de lavado. Durante el mismo deben minimizarse los daños mecánicos para raíces que van a ser conservadas ya que se incrementan las pérdidas por pudriciones.

### **1.7. Procesado hogareño e industrialización**

La batata es considerada un vegetal multipropósito. Puede consumirse hervida, horneada, frita o en productos procesados tales como batata al natural enlatada, fideos, panes, tortas, dulces, mezcla para panqueques, almidón, cerveza, vinagre, jugos o bebidas alcohólicas como el *sochu* japonés (Woolfe, 1993). La dulzura natural de muchas variedades de batata, posibilita la preservación de las raíces por la adición de azúcar para obtener una variedad de productos confitados, como caramelos, mermeladas y dulces, que son especialmente populares en América Latina y particularmente en Argentina. Scott y col. (2000), reportaron que los consumidores prefieren productos industrializados a las batatas frescas.

## 1.8. Dulces sólidos

A nivel comercial, la historia de los dulces sólidos en Argentina se remonta a los años 30, instalando el dulce en las mesas porteñas, con el clásico postre *vigilante*, *Martin Fierro* o también llamado *fresco* y *batata*. Éste consiste en la combinación de una porción de dulce de membrillo o de batata con una de queso. Sobre su origen, se dice que viene de la década de 1920, de una cantina del barrio de Palermo que lo ofrecía como postre de la casa. Sus principales clientes eran policías, así que con el paso del tiempo se conoció esa combinación de queso y dulce sólido como postre vigilante, en honor a los agentes del orden, que tanto lo consumían. Ambos dulces, de membrillo y de batata, son especialidades argentinas poco conocidas en otros países, por lo tanto, su producción se destina casi en su totalidad al mercado local.

Según el Código Alimentario Argentino, los dulces son confituras elaboradas por cocción de no menos de 45 partes de pulpa de frutas, tubérculos u hortalizas, con el jugo que normalmente contienen y el agregado de azúcares y/o edulcorantes. En el dulce de batata se admite una cantidad de sólidos solubles no menor de 60% y se permite el empleo de gelatina como gelificante, en la cantidad mínima indispensable para obtener el efecto deseado.

Para la elaboración del dulce de batata, se utilizan raíces enteras lavadas y sin signos de enfermedad. En la primer parte del proceso, tratándolas previamente con vapor, se separa la piel de la pulpa, se trituran y cocinan. En una segunda etapa, se les adiciona el azúcar y el gelificante y se continúa la cocción hasta alcanzar la consistencia deseada. Los ingredientes principales son:

- **Batatas:** enteras lavadas y sin signos de enfermedad.



- **Azúcar:** Se utiliza azúcar blanca comercial, la cual posee un 99,5% de sacarosa. Su función es otorgarle el gusto dulce y volumen al dulce.
- **Agar-agar:** es un polisacárido obtenido de la pared celular de especies de algas rojas. Es incoloro, insípido y absorbe agua en cantidades de 200 y 300 veces su peso, formando una gelatina. En el dulce de batata su función es brindarle la consistencia gelatinosa y la textura que posee al corte.

En el año 2000 se estimó una producción de 57000 ton de dulces sólidos, de las cuales el 67% corresponde a dulce de batata. Se observó una disminución del 11% con respecto a la década de los 90'. Esta caída se vincula a cambios de hábitos en la alimentación y a mayor demanda de productos dietéticos (SAGPyA, 2000). La demanda de alimentos naturales está llevando a la industria a elaborar dulces sin conservantes, ni colorantes, con bajas calorías y nuevos sabores. La utilización de nuevos cultivares de batata con mejor calidad nutricional y funcional se presenta como una alternativa para atraer consumidores en busca de alimentos más saludables.

### **1.9. Aspectos nutricionales de la batata**

De la planta de batata se pueden aprovechar las raíces tuberosas y el follaje. Su raíz es buena fuente de energía, se estiman 114 kilocalorías por cada 100 gramos, mientras que la papa entrega 76 kilocalorías por cada 100 gramos. A pesar de la diferencia calórica, la papa puede elevar el contenido de azúcar en la sangre más que la batata (Cusumano y Zamudio, 2013). Esta energía se debe a su alto contenido en carbohidratos (25 a 30%), de los cuales el 98% es considerado fácilmente digerible. Además la batata proporciona fibra dietaria, minerales (potasio, zinc, calcio, hierro) y vitaminas (tiamina, riboflavina, niacina, ácido

ascórbico) (USDA, 2009). También posee compuestos con actividad antioxidante, como ácidos fenólicos, antocianinas y  $\beta$ -caroteno. Estos compuestos, además de actuar como antioxidantes, le confieren a la pulpa colores diferentes (crema, amarillo, naranja y púrpura). Los cultivares de pulpa naranja son ricos en  $\beta$ -caroteno (principal precursor de la vitamina A) (Wu y col., 2008). Sólo 125 g de raíces frescas de la mayoría de las variedades de pulpa naranja, contienen suficiente  $\beta$ -caroteno para proporcionar la dosis diaria de provitamina A a un niño en edad pre-escolar (CIP, 2012). Su biodisponibilidad en las batatas de pulpa color naranja es superior a la de zanahoria y vegetales de hojas verdes (Van Jaarsveld y col., 2005). Las antocianinas dan color púrpura o morado a la piel de batata y en determinados cultivares también a la pulpa (Furuta y col., 1998). Oki y col. (2002) observaron que las variedades de pulpa de color púrpura presentan mayor actividad antioxidante que los cultivares de pulpa blanca y naranja. Las propiedades nutricionales y funcionales de la batata varían significativamente entre los distintos cultivares (Lieberman y col., 1959; Morrison y col., 1993; Lattanzio y col., 1994; Grace y col., 2014). Por lo tanto, los productos elaborados a partir de los mismos, deberían diferir en calidad nutritiva y funcional, siendo necesario evaluar cultivares que se adapten al proceso de elaboración de cada producto de interés.

#### **1.10. Radicales libres y compuestos antioxidantes**

Un radical libre es una molécula o fragmento de molécula que contiene uno o más electrones desapareados en su orbital externo, convirtiéndolo en un compuesto altamente inestable con gran capacidad de formar otros radicales libres por reacciones químicas en cadena (Halliwell B., 1994). Éstos, una vez generados, se aparean rápidamente cediendo o

arrancando un electrón, uniéndose a otro radical libre o una estructura molecular adyacente, con el fin de estabilizarse. Existen distintos tipos de radicales libres, algunos de ellos son intermediarios del metabolismo energético del cuerpo humano como las especies reactivas del nitrógeno,  $\text{NO}^*$  y  $\text{NO}_2$  y las del oxígeno,  $\text{HO}^*$ ,  $\text{RO}^*$ ,  $\text{ROO}^*$ ,  $\text{O}_2^{*-}$  y  $\text{H}_2\text{O}_2$  (Postlethwait y Langford, 1995). Estas moléculas son capaces de dañar todo tipo de compuestos incluyendo ácidos nucleicos, proteínas y aminoácidos libres, lípidos, carbohidratos y macromoléculas del tejido conectivo contribuyendo al daño de células y membranas (Cross, y col., 1987). Un exceso de radicales libres puede ser generado, además del metabolismo normal del organismo, por diversos factores como estrés, contaminación ambiental, humo del tabaco, herbicidas, pesticidas, consumo de ciertas grasas, etc. Los compuestos antioxidantes regulan o neutralizan la acción de los radicales libres, siendo el principal mecanismo de defensa del cuerpo humano (Pietta, 2000); sin embargo la producción excesiva de estas moléculas nocivas puede causar daño oxidativo en las células (Silalahi, 2001). Los antioxidantes producidos por el organismo incluyen enzimas como la superóxido dismutasa (SOD), la glutatión peroxidasa (GPX), la catalasa y el citocromo P450 (Rimbach y col., 2005). El desequilibrio entre especies oxidantes y antioxidantes se conoce como estrés oxidativo, el cual está asociado a numerosas enfermedades como cáncer de colon, enfermedades cardíacas, arterosclerosis y al proceso de envejecimiento (Rajeshwari y col., 2014). La dieta también juega un rol importante en la prevención de estas enfermedades, principalmente por el aporte de compuestos antioxidantes presentes en vegetales y frutas. La actividad antioxidante de estos alimentos ha sido atribuida principalmente a la presencia de compuestos fenólicos (fundamentalmente flavonoides y ácidos fenólicos), vitaminas, carotenoides y fibra dietaria (Kaur y Kapoor, 2001).

### **1.10.1. Compuestos fenólicos:**

Los compuestos fenólicos poseen un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilo (Shahidi y Naczk, 2004) abarcando desde moléculas simples como ácidos fenólicos a sustancias altamente polimerizadas como los taninos (Dai y Mumper., 2010). Son metabolitos secundarios de los vegetales, frutas, hongos y algunas bacterias. En su mayoría están involucrados en importantes funciones fisiológicas, otros actúan como defensa antes situaciones de estrés y/o al ataque de otros organismos (Bernal y col., 2011). Se originan a partir de aminoácidos aromáticos como fenilalanina o tirosina e intervienen en el camino bio-sintético de los fenilpropanoides. En los alimentos, esta clase de compuestos actúan como pigmentos, antioxidantes y además proporcionan características sensoriales como sabor, astringencia y dureza (Robbins, 2003).

La capacidad antioxidante de los polifenoles está definida por su habilidad para atrapar radicales libres, donar átomos de hidrógeno o electrones y quelar iones metálicos (Peschel y col., 2006). Existen más de 4000 compuestos fenólicos incluyendo entre estos cumarinas, flavonoides, fenoles simples, taninos, lignanos y ligninas (Shahidi y Naczk, 2004). Son alimentos ricos en fenoles la cebolla, uvas, frutos rojos, frutos cítricos, coliflor, ajo, berenjena, lechuga, el té, el vino, el cacao, el aceite de oliva, etc. (Kaur y Kapoor, 2001). Como se ha mencionado anteriormente, los principales compuestos fenólicos presentes en la batata son los ácidos fenólicos y las antocianinas.

#### 1.10.1.1. Ácidos fenólicos:

Son compuestos con un grupo fenol y un ácido. Se dividen en dos clases: derivados del ácido benzoico como el ácido gálico y derivados del ácido cinámico como el ácido cumárico, cafeico y ferúlico. En éstos ácidos, la actividad antioxidante depende de la cantidad y de la posición de los grupos hidroxilos en relación al grupo funcional carboxilo (Dai y Mumper, 2010). En este sentido, los ácidos hidroxicinámicos (Figura 1) exhiben mayor capacidad antioxidante que los benzoicos (Peschel y col., 2006).

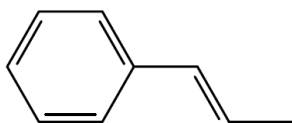


Figura 1: Estructura de ácidos hidroxicinámicos

Además, éstos últimos han mostrado actividad antigenotóxica y antiproliferativa en células (Peñarrieta y col., 2014). El ácido clorogénico (Figura 2), ácido cafeico esterificado con ácido quínico (Figura 3), es el más abundante en la mayoría de las frutas y vegetales (Dai y Mumper, 2010). En la Tabla 1 se muestran sus principales isómeros.

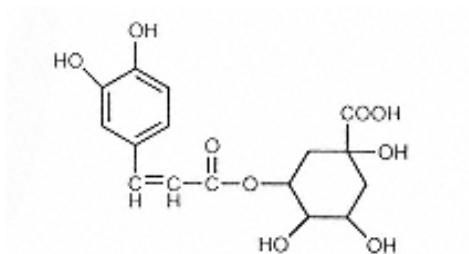


Figura 2: Ácido clorogénico

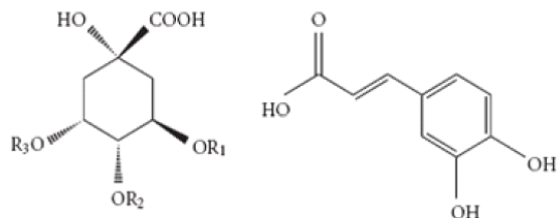


Figura 3: Estructura de ácidos quínico (izquierda) y cafeico (derecha)

Tabla 1: isómeros de ácido clorogénico.

Ácido fenólico	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
Ácido 3 cafeoilquínico	Cafeico	H	H
Ácido 4 cafeoilquínico	H	Cafeico	H
Ácido clorogénico	H	H	Cafeico
Ácido 3,5 dicafeoilquínico	Cafeico	H	Cafeico
Ácido 3,4 dicafeoilquínico	Cafeico	Cafeico	H
Ácido 4,5 dicafeoilquínico	H	Cafeico	Cafeico

#### 1.10.1.2. Antocianinas:

Son compuestos hidrosolubles, responsables de dar color a una gran variedad de frutas, hortalizas y flores desde el azul, violeta, magenta, rojo y naranja. Químicamente, son flavonoides formados por dos anillos aromáticos unidos por tres carbonos (catión flavilio). Se encuentran en la naturaleza como agliconas (Figura 4) (antocianidina) esterificadas con uno o más azúcares (Fennema, 2010). Glucosa, galactosa, ramnosa, arabinosa, xilosa y ácido glucurónico son los más comunes hallados como parte de las moléculas de antocianinas (Manach y col., 2004). Pueden decolorarse fácilmente y su velocidad de destrucción depende principalmente del pH, de la cantidad de pigmento y de la temperatura.

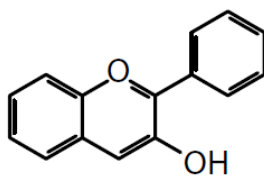


Figura 4: Esqueleto carbonado de una antocianidina.

### 1.10.2. Carotenoides:

Son pigmentos liposolubles, responsables de los colores amarillo, naranja y rojo, sintetizados por plantas, algas, levaduras, hongos y bacterias fotosintéticas. Las frutas y vegetales son la principal fuente de carotenos en la dieta humana (Bernal y col., 2011). Son hidrocarburos formados por ocho unidades isoprenoides ligadas de modo tal que la disposición de las unidades se invierte en el centro de la molécula. Se pueden clasificar en dos grandes grupos: los carotenos que son estrictamente hidrocarburos como  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno y licopeno, y las xantofilas que son derivados de los anteriores con la presencia de oxígeno ( $\beta$ -criptoxantina, luteína o zeaxantina) (Fennema, 2010). Varios de ellos como  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno, y  $\beta$ -criptoxantina son considerados precursores de la vitamina A (retinol) debido a que pueden ser transformados en esta vitamina al ser ingeridos por los mamíferos. El  $\beta$ -caroteno (Figura 5) es el carotenoide más eficiente en su conversión a retinol, por lo tanto es el más importante en su contribución a los efectos benéficos en la salud. El color naranja oscuro característico de las plantas se debe a este compuesto, siendo el más abundante en la mayoría de las frutas y vegetales. El consumo de este tipo de alimentos puede jugar un papel clave como paliativo de la deficiencia de vitamina A (Van Jaarsveld y col., 2005).

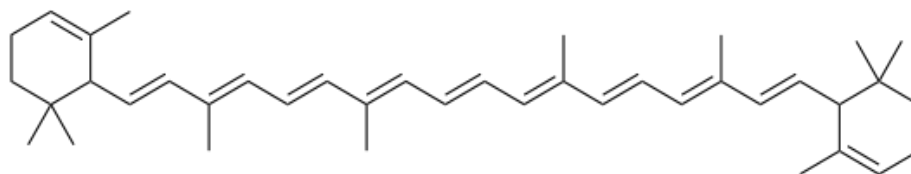


Figura 5: Estructura del  $\beta$ -caroteno.

### 1.11. Compuestos antioxidantes y su vinculación con la salud

Los compuestos con actividad antioxidante que intervienen en el metabolismo secundario de las frutas y vegetales están asociados a un impacto positivo en la salud humana por contrarrestar los efectos del estrés oxidativo, por lo que han sido denominados compuestos bioactivos. Sólo pueden ser obtenidos de la dieta ya no pueden ser sintetizados por el organismo. A su vez, se encuentran en concentraciones muy bajas en los alimentos. Estos compuestos han demostrado abarcar un amplio rango de actividades biológicas como antimicrobianos, anti-inflamatorios, antisépticos, inmuno-supresivos y actividad prebiótica entre otras (Bernal y col., 2011; Liu, 2013; Rajeshwari y col., 2014; De Ancos y col., 2015). Algunos autores reportaron que los ácidos fenólicos inhiben la leucemia, las células de cáncer de estómago (Kurata y col., 2007), el crecimiento de hongos y virus in vitro (Peterson y col., 2005) y mejoran la diabetes en humanos (Ludvik y col., 2008). Con respecto a las antocianinas, se han encontrado efectos benéficos en distintos desordenes asociados también con el cáncer, enfermedades del envejecimiento y neurológicas, obesidad, diabetes e infecciones bacterianas (Ramos y col., 2015). En algunos estudios se ha demostrado que dietas ricas en carotenoides están vinculadas a una menor tasa de desarrollo de distintos tipos de cáncer y enfermedades crónicas (Kaur y Kapoor, 2001).



Además, la ingesta de este tipo de compuestos contribuye a paliar las deficiencias de vitamina A, siendo esta carencia la principal causa de ceguera, enfermedad y muerte prematura entre los niños menores de cinco años y mujeres embarazadas (CIP, 2012; WHO, 2000).

En general, estos metabolitos tienen un bajo potencial como compuestos bioactivos cuando son comparados con drogas farmacéuticas, aunque ingeridos regularmente y en sumas significativas como parte de la dieta podrían tener notables efectos fisiológicos a lo largo del tiempo (Espín y col. 2007). Además de ser más seguros, bien tolerados y con menos efectos secundarios que las drogas recetadas a diario para el tratamiento de algunas enfermedades mencionadas anteriormente (McAlindon, 2006).

Otro potencial uso de estos compuestos naturales sería como sustituto de los antioxidantes sintéticos utilizados para la prevención de la oxidación lipídica en los alimentos. Algunos de éstos han demostrado ser tóxicos y presentar efectos mutagénicos (Hocman, 1988; Krishnakumar y Gordon, 1996), por lo tanto, en los últimos años se ha incrementado el interés por los antioxidantes de origen natural.

#### **1.12. Compuestos antioxidantes en la batata**

Las batatas contienen gran cantidad de compuestos bioactivos, incluyendo carotenoides, antocianinas, ácidos fenólicos, otros flavonoides y vitamina C. La proporción de los mismos puede variar entre los diferentes cultivares, en algunos casos, asociada al color de la pulpa (Truong y col. 2007). Padda y Picha (2008c) estudiaron el cultivar *Beauregard* de EE.UU y encontraron que el contenido de fenoles totales y compuestos antioxidantes era mayor que en variedades de pulpa blanca, aunque menor que en las de color púrpura. Teow

y col., (2007) encontraron que éstos últimos contenían mayor proporción de antioxidantes, principalmente hidrofílicos (antocianinas y ácidos fenólicos), mientras que en los cultivares de pulpa naranja era mayor el nivel de antioxidantes lipofílicos, como carotenoides. En la pulpa de distintos cultivares de batata se han identificado los ácidos fenólicos clorogénico, cafeico y sus derivados (Yamakawa y Yoshimoto, 2001; Yoshimoto y col., 2001; Yoshimoto y col., 2005; Teow y col., 2007). Además se ha reportado que la piel de la batata contiene ácido clorogénico, isoclorogénico, cafeico, neoclorogénico y otros sin identificar (Padda y Picha, 2008b).

También se han hallado antocianinas en diferentes concentraciones dependiendo del cultivar analizado, siendo considerablemente elevadas en los de pulpa púrpura, producidos principalmente en Japón, Korea y Nueva Zelanda (Otake y col., 1992; Steed y Truong, 2007).

El  $\beta$ -caroteno es el carotenoide más abundante de los cultivares de pulpa naranja y crema. Algunos autores reportaron porcentajes mayores al 60% respecto del total de carotenos totales. Además de este compuesto, otros tipos de carotenoides, aunque en bajas concentraciones, fueron también encontrados en las batatas de pulpa naranja, como  $\alpha$ - y  $\gamma$ -carotenos. En general, los cultivares de pulpa blanca contienen pequeñas cantidades o nulas de  $\beta$ -caroteno (Woolfe, 1992; Rodriguez-Amaya, 1997; Wu y col., 2008). Su biodisponibilidad en las batatas es superior a la de la zanahoria y vegetales de hojas verdes (Van Jaarsveld y col., 2005). Actualmente, se busca desarrollar cultivares de pulpa naranja, no sólo por sus mayores niveles de carotenos, sino también porque la mayoría de los consumidores, tanto de la Unión Europea como de EE.UU, prefieren estos cultivares a los de pulpa púrpura (Padda y Picha, 2008c).

Además, la composición y contenido de nutrientes, especialmente de compuestos antioxidantes, puede variar ampliamente, en un mismo cultivar, dependiendo de factores genéticos y ambientales, como edad de la raíz, clima, tipo de suelo, prácticas del cultivo y almacenamiento luego de la cosecha (Kidmose y col., 2007; Bovell-Benjamin, 2007). Incluso, dentro de una misma raíz, el contenido de compuestos bioactivos puede variar de médula a corteza (Jung y col., 2011), resultando en algunos casos en la piel, más altos que en la parte interna de la raíz (Walter y Schädel, 1981; Cevallos-Casalas y Cisneros Zevallos, 2003; Harrison y col., 2003).

Algunas investigaciones revelan una marcada variación, tanto del contenido en polifenoles y otros compuestos antioxidantes en frutos y vegetales, debido al tratamiento térmico y almacenamiento (Nicoli y col., 1999; Turkmen y col., 2005). En particular, Philpott y col., (2003) encontraron que los fenoles totales y la actividad antioxidante se descomponen parcialmente durante los distintos métodos de cocción hogareña de batata. Padda y Picha (2008b) observaron que los polifenoles en la piel se redujeron después de la cocción, siendo mayor la pérdida en horno convencional, que por hervido y en horno microondas, aunque no encontraron diferencias en los tejidos de pulpa luego de los distintos procesados.

Durante el tratamiento térmico el contenido de provitamina A también puede disminuir debido a su degradación (Gross, 1991; Kidmose y col., 2007).

## 1. OBJETIVOS

---

En el presente trabajo se plantearon dos objetivos principales:

- ✓ Estudiar y comparar los compuestos antioxidantes en la de piel y la pulpa de dos cultivares de batata (*Beauregard* y *Colorado INTA*), de importancia comercial para el norte de la provincia de Buenos Aires, y analizar su variación luego de 3 meses de almacenamiento en cámara a  $13 \pm 2$  °C.

Para ello se propuso:

- a) Determinar en las batatas recién cosechadas y luego de almacenadas el contenido de fenoles totales, ácidos fenólicos (ácidos clorogénico, 3 y 4 dicafeoilquínicos, ácido cafeico y 4,5; 3,4 y 3,5 dicafeoilquínico), la actividad antioxidante y las antocianinas totales en la pulpa y la piel de los cultivares antes mencionados.
- b) Estudiar la incidencia de los fenoles totales en la actividad antioxidante de las muestras analizadas.
- c) Determinar en las batatas recién cosechadas y luego de almacenadas el contenido de carotenos totales en los cultivares de pulpa naranja, *Beauregard* y *Colorado INTA*.
- d) Determinar en las batatas recién cosechadas el contenido de carotenos totales en los cultivares de pulpa amarilla, *Arapey* y *Morada INTA* y compararlos con los de pulpa naranja.
- e) Medir el color de la pulpa de los cultivares estudiados.
- f) Analizar la incidencia del contenido de carotenos totales en el color de la pulpa de las batatas frescas.

- ✓ Estudiar y comparar la variación de compuestos antioxidantes en los cultivares de batata (*Beauregard* y *Colorado INTA*), durante la elaboración de los dulces utilizando pulpa y batata entera.

Para ello se propuso:

- a) Determinar el contenido de fenoles totales, ácidos fenólicos (ácidos clorogénico, 3 y 4 dicafeoilquínicos, ácido cafeico y 4,5; 3,4 y 3,5 dicafeoilquínico), la actividad antioxidante y carotenos totales en las muestras extraídas luego de la cocción por vapor, cocción sin azúcar y dulces elaborados de los cultivares antes mencionados.
- b) Analizar la influencia del agregado de azúcar en la variación de los compuestos analizados.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

---

#### 3.1. *Muestras vegetales*

Se utilizaron raíces de batata de dos cultivares de pulpa naranja, *Beauregard* y *Colorado INTA* (Foto 1), cultivados a campo en un suelo de textura superficial franco arcillo limosa, en la EEA INTA San Pedro, Buenos Aires. Se tomaron, al azar, diez batatas al momento de la cosecha y otras diez, luego de 3 meses de almacenamiento en cámara a  $13 \pm 2$  °C. Para los análisis, se formaron muestras compuestas por un cuarto de cada una (Foto 2) de las diez raíces. Estas se pelaron y se congeló la piel y la pulpa por separado en N<sub>2</sub> líquido. Luego las muestras fueron liofilizadas en un equipo ALPHA 1-4 LD2 (Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen, GMBH, Alemania) durante 48 horas, a una temperatura de -55 °C y a una presión de 0,04 mbar. Posteriormente se trituraron en molinillo PE-MC9103 (Peabody, Argentina) y se almacenaron a -18 °C hasta su análisis. Se realizaron determinaciones de fenoles totales e individuales, actividad antioxidante y antocianinas en la piel y en la pulpa, mientras que en esta última también se midió color y contenido de carotenos totales. Además se tomaron muestras de dos cultivares de pulpa amarilla, *Arapey* y *Morada INTA*, cultivados y muestreadas en idénticas condiciones a las de pulpa naranja y se determinó el contenido de carotenos totales con el fin de comparar cultivares con distinto color de pulpa.



Foto 1: Batatas enteras frescas de los cultivares *Beauregard* (arriba) y *Colorado INTA* (abajo).



Foto 2: Batatas cortadas frescas de los cultivares *Beauregard* (izquierda) y *Colorado INTA* (derecha)

### **3.2. Preparación del dulce**

Para la elaboración de los dulces se utilizaron las batatas con 90 días de almacenamiento en cámara a  $13 \pm 2$  °C. Se prepararon dos tipos de dulce (Fotos 3 y 4), uno sólo con la pulpa de la batata y otro empleando la batata entera (pulpa y piel). Las batatas peladas y las enteras se cocinaron al vapor durante 28 minutos a 94,5 °C en cacerola doméstica. Luego se las trituro hasta obtener sendos purés, mezclando 100 g de los mismos con 70 g azúcar blanca y se continuó la cocción en cacerola durante 10 minutos hasta homogenizar. A continuación, se adicionaron 2 g de agar-agar disueltos en 50 ml de agua, se homogenizó y cocinó nuevamente durante 5 minutos y se refrigeró hasta gelificación. Con el fin de analizar el efecto del agregado de azúcar se realizó en paralelo el mismo procedimiento, omitiendo el agregado de sacarosa.



Foto 3: Dulces del cultivar *Beauregard*, pulpa (izquierda) y batata entera (derecha)



Foto 4: Dulces del cultivar *Colorado INTA*, pulpa (izquierda) y batata entera (derecha)

En la figura 6 se esquematiza el proceso de elaboración identificando los distintos puntos de muestreo. Todas las muestras fueron almacenadas a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis. En cada una de ellas se realizaron las determinaciones de fenoles totales e individuales, actividad antioxidante y carotenos totales. Con el fin de comparar los parámetros estudiados en las batatas frescas y en las procesadas, los valores obtenidos en los dulces se expresaron en función de la cantidad de batata empleada en la elaboración de los mismos.

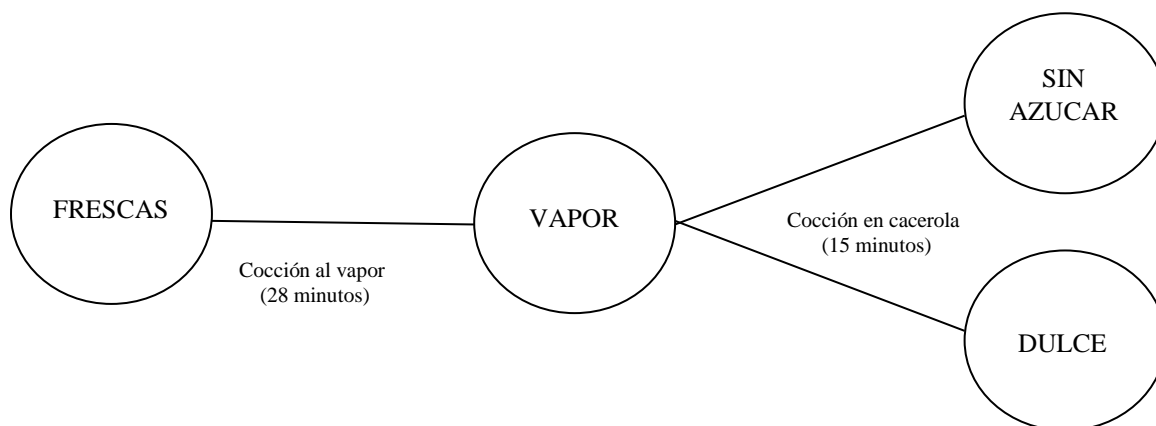


Figura 6: Puntos de muestreo durante la elaboración de los dulces.



### ***3.3. Determinaciones analíticas:***

#### ***3.3.1. Humedad***

Se determinó por triplicado según el método AOAC: 920.151 (1990) por secado de las muestras en estufa de vacío (100 mm Hg) a 70 ° C hasta peso constante.

#### ***3.3.2. Preparación de los extractos***

Se pesó aproximadamente 1 g del material crudo y 10 g de las muestras tomadas durante la elaboración de los dulces: cocción por vapor, cocción sin azúcar y dulce. Todas estas se trataron con metanol (Mallinckrodt Chemicals, Estados Unidos) 80% (v/v) durante 15 minutos a 80°C. Se dejaron enfriar y se centrifugaron 15 minutos a 3500 rpm (Heraeus Biofuge, Thermo Scientific, Estados Unidos). Los sobrenadantes se llevaron a volumen con metanol 80% y luego se realizaron las determinaciones de la actividad antioxidante y contenido de fenoles totales y ácidos fenólicos. Las extracciones se realizaron por triplicado.

#### ***3.3.3. Determinación de fenoles totales***

Se realizó por triplicado con el reactivo de Folin-Ciocalteu de acuerdo al método de Singleton y Rossi (1965) con algunas modificaciones. El reactivo de Folin-Ciocalteu es una mezcla de ácidos de coloración amarilla (fosfowolfrámico y fosfomoblídico). Estos compuestos se reducen al interaccionar con los compuestos fenólicos dando origen a óxidos de coloración azul (óxidos de wolframio y molibdeno). A 250 µl de extracto se le agregaron 4 ml de agua destilada y 250 µl del reactivo de Folin-Ciocalteu (Sigma, Estados Unidos). Luego de 3 minutos, se incorporaron 500 µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (Mallinckrodt Chemicals,

Estados Unidos) 1N, se mantuvo 120 minutos a temperatura ambiente y se leyó la absorbancia a 750 nm en espectrofotómetro UV/Vis Lambda 25 (Perkin Elmer, Estados Unidos). La cuantificación de los fenoles totales presentes en las muestras se llevó a cabo por interpolación directa en la curva de calibración y se expresó como mg de ácido clorogénico / 100 g bs.

#### 3.3.4. Curva de calibración para Fenoles Totales

La curva de calibración se construyó aplicando el método descrito sobre un estándar de ácido clorogénico (Fluka, Estados Unidos). Inicialmente se preparó una solución madre (600 mg/l) utilizando como solvente metanol 80%. Con esta solución se prepararon diluciones sucesivas en un rango de concentraciones desde 75 hasta 400 mg/L. Con los datos obtenidos se construyó un gráfico de la absorbancia medida a 750 nm en función de la concentración de ácido clorogénico, expresada en mg/l. La expresión matemática obtenida fue  $Y = 0,00186x - 0,0125$ , con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,996, por lo que la linealidad fue excelente en el rango de trabajo (Figura 7).

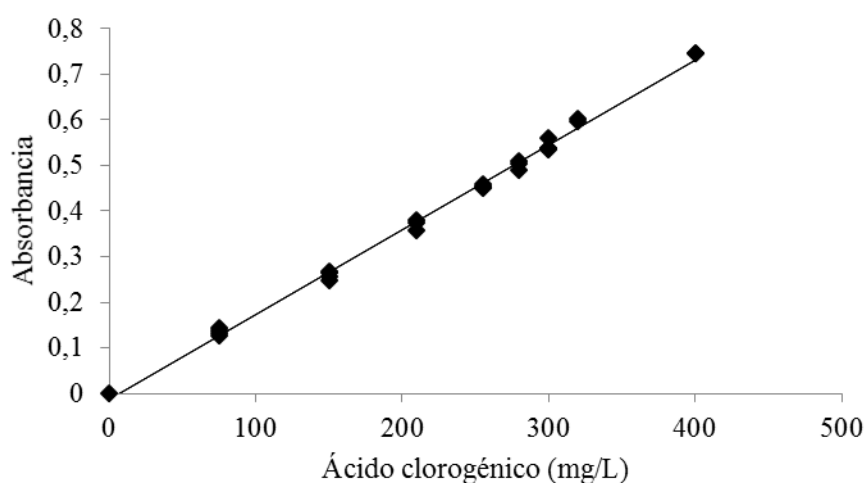


Figura 7: Curva de calibración de ácido clorogénico para la determinación de fenoles totales.

### **3.3.5. Identificación y cuantificación de ácidos fenólicos**

La identificación y la cuantificación se realizaron mediante el método de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC- High Performance Liquid Chromatography) en fase reversa según Padda y Picha (2007) con algunas modificaciones. El extracto metanólico (5µl) previamente filtrado por membrana de 0,45 µm se inyectó en una columna ZORBAX Eclipse XDB-C18 (Agilent Technologies, Alemania) 4,6 x 250 mm, 5 micrones usando un equipo 1200 Series (Agilent Technologies, Alemania) conectado a una bomba cuaternaria. La fase móvil consistió en A: 0,1% ácido acético en solución acuosa; B: acetonitrilo con 0,1 % ácido acético (v/v) con un flujo de 0,7 ml/minutos (min.), con un gradiente: B, 20% de 0 a 10 min., de 20 a 30% de 10 a 20 min. y de 30 a 50% de 20 a 30 min. La identificación se realizó a 320 nm usando un detector UV-VIS de onda múltiple 1260 Infinity (Agilent Technologies, Alemania). Los picos de los ácidos clorogénico (5 cafeoilquínico) y cafeico se identificaron comparando los tiempos de retención con sus respectivos estándares. Los picos de los isómeros de ácido clorogénico (3 y 4 cafeoilquínico) y de los isómeros dicafeoilquínicos (3,4; 3,5 y 4,5) fueron asignados de acuerdo al orden de aparición reportado en bibliografía (Jung y col., 2011).

La cuantificación de los distintos compuestos se realizó mediante las siguientes curvas de calibración: el ácido clorogénico y sus isómeros con la curva del estándar del 5 cafeoilquínico (Fluka, Estados Unidos), los isómeros dicafeoilquínicos, con la del 1,5 dicafeoilquínico (Sigma, Estados Unidos) y el ácido cafeico con la de su estándar (Sigma, Estados Unidos). Los resultados se expresaron como µg de ácido/ 100 g bs.

### 3.3.6. Curva de calibración para ácidos fenólicos

Las curvas de calibración se construyeron aplicando el método descrito sobre los estándares de ácido clorogénico, ácido cafeico y ácido 1,5 dicafeoilquínico. Inicialmente se preparó una solución madre de 1 mg/ml para los ácidos clorogénico y cafeico y de 100 µg/ml para el 1,5 dicafeoilquínico, utilizando como solvente metanol 80%. Con esta solución se prepararon diluciones sucesivas en un rango de concentraciones desde 1 a 100 µg/ml para los ácidos cafeico y 1,5 dicafeoilquínico; y desde 3 a 200 µg/ml para el ácido clorogénico. Todas las corridas cromatográficas se realizaron por triplicado. Con los datos obtenidos se construyó un gráfico del área en función de la concentración (Figura 8) de cada ácido expresada en µg/ml. Las expresiones matemáticas obtenidas fueron:

$Y = 33,7x - 69,0$ .  $R^2 = 0,989$ , para el ácido clorogénico

$Y = 77,9x + 16,9$ .  $R^2 = 0,997$ , para el ácido cafeico

$Y = 39,9x - 55,2$ .  $R^2 = 0,995$ , para el ácido 1,5 dicafeoilquínico.

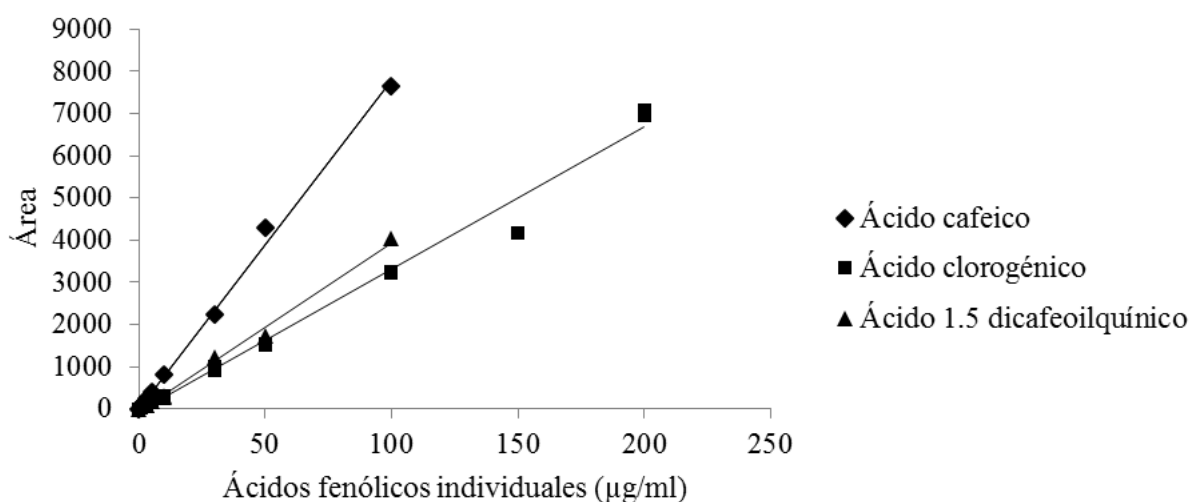


Figura 8: Curvas de calibración de los ácidos clorogénico, ácido cafeico y ácido 1,5 dicafeoilquínico.

### 3.3.7. *Determinación de la actividad antioxidante*

Se analizó por triplicado mediante la reducción del radical 2,2-difenol-1-picrilhidrazil (DPPH·) de acuerdo al método de Brand-Williams y col., (1995). El mismo se basa en la capacidad de los compuestos antioxidantes de atrapar al radical estable 2,2-difenil-1-picrilhidracilo. Este método consiste en una reacción de óxido-reducción en la cual el reactivo DPPH (violeta) se reduce (amarillo pálido) frente al agente antioxidante, lo cual se pone de manifiesto mediante la variación de color de la solución, siendo la decoloración proporcional a la actividad antioxidante. Las muestras se diluyeron previamente de manera tal que el DPPH· no se decolorara totalmente. A 400 µl de extracto se le agregaron 3,6 ml de DPPH· (Sigma, Estados Unidos) 0,1 mM, se mantuvo en oscuridad durante 30 minutos a temperatura ambiente y se leyó la absorbancia a 517 nm en espectrofotómetro UV/Vis Lambda 25, (Perkin Elmer, Estados Unidos). El porcentaje de inhibición (PI) se calculó de acuerdo a:

$$PI = \frac{Abs. control - (Abs. muestra - Abs. blanco)}{Abs. control} \times 100$$

Donde *Abs.muestra* es la absorbancia de la solución de DPPH conteniendo la muestra, *Abs.blanco* es la absorbancia del metanol 80% más la solución de muestra y *Abs.control* es la absorbancia de la solución de DPPH conteniendo metanol 80% en lugar de la muestra.

Se llevaron a cabo mediciones a distintos tiempos para encontrar el periodo en el cual se alcanzaría constancia en el valor de la absorbancia (Figura 9). Esta se observó a los 30 min de la medición, en coincidencia con la mayoría de la bibliografía revisada.

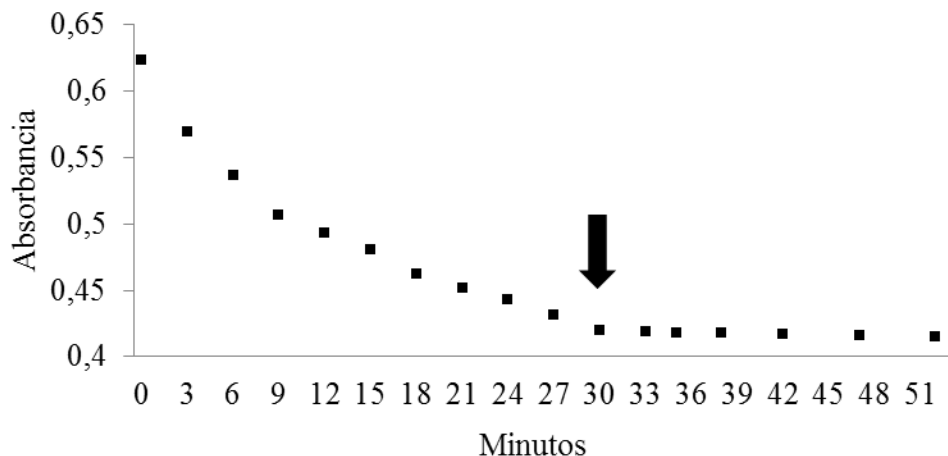


Figura 9: Absorbancia del DPPH en función del tiempo durante la determinación de la actividad antioxidante de un extracto de batata.

### 3.3.8. Curva de calibración para la actividad Antioxidante

La curva de calibración se construyó aplicando el método descrito sobre un estándar de 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-ácido carboxílico (TROLOX) (Aldrich, Estados Unidos). Inicialmente se preparó una solución madre 1 mM utilizando como solvente metanol 80%. Con esta solución se realizaron diluciones sucesivas con concentraciones desde 0,02 mM hasta 0,5 mM. A partir de los datos obtenidos se construyó un gráfico del porcentaje de inhibición del DPPH en función de la concentración de TROLOX expresada en mM. Los resultados se expresaron como mg TROLOX / 100 g base seca (b.s.). La expresión matemática obtenida fue  $Y = 207,48x + 2,13$  con un  $R^2$  de 0,998; puede observarse, que en el rango de trabajo la linealidad fue muy buena (Figura 10).

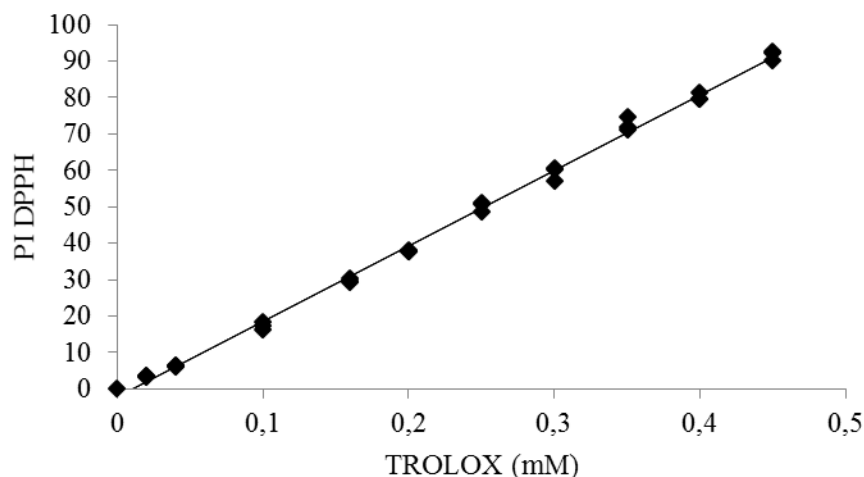


Figura 10: Curva de calibración de TROLOX para capacidad antioxidante.

### 3.3.9. Extracción y determinación de antocianinas totales

Para la cuantificación se utilizó el método de pH diferencial (Fuleki y Francis, 1968) con algunas modificaciones. Este método se basa en las transformaciones reversibles que sufren las antocianinas con los cambios de pH, manifestadas por un cambio en la absorbancia. La forma coloreada (catión flavilio) predomina a pH 1 y la forma sin color (base carbinol) a pH 4,5. Se pesó aproximadamente 0,25 g y 0,1 g de pulpa y piel crudas respectivamente. Las muestras se extrajeron por triplicado con etanol 95%: HCl 1,5 N (85:15) durante 1 hora a 80 °C y el sobrenadante se separó por centrifugación, 15 minutos a 8500 rpm. Para determinar la absorbancia máxima de las antocianinas presentes en los extractos se realizó un barrido 400-700 nm, registrándose la misma a 529 nm. A 400µl de extracto se le agregaron 1,6 ml de buffer pH 1 (KCl 0,025 M - HCl 0,2N) y se leyeron las absorbancias a 529 nm y 700 nm. En paralelo, se mezclaron 400µl de extracto se le agregaron 1,6 ml de buffer pH 4,5 (Acetato de sodio 0,4 M - HCl 1N) y también se leyeron las absorbancias a ambas longitudes de onda. La medición a esta longitud de onda se utiliza para eliminar

interferencias de turbidez. La absorbancia a 700 nm de una muestra libre de turbidez, es cero. Todas las lecturas se realizaron por triplicado en un espectrofotómetro UV/Vis Lambda 25 (Perkin Elmer, Estados Unidos). Los resultados se expresaron como mg de cianidina-3-glucósido/ 100 g bs. La absorbancia de la muestra se calculó de la siguiente manera:

$$A: (A_{529nm} - A_{700nm})_{pH 1} - (A_{529nm} - A_{700nm})_{pH 4,5}$$

### ***3.3.10. Curva de calibración para antocianinas totales***

La curva de calibración se construyó aplicando el método descrito sobre un estándar de cianidina-3-glucósido, (Fluka, Estados Unidos). Inicialmente se preparó una solución madre (40 mg/l) pesando 1 mg de del estándar, en 25 ml del solvente de extracción con etanol 95%: HCl 1,5 N (85:15). Con esta solución se prepararon diluciones sucesivas en el rango de 1,52 mg/l hasta 38 mg/l. Todas las mediciones se realizaron por triplicado.

Con los datos obtenidos se construyó un gráfico de la absorbancia calculada en función de la concentración de cianidina-3-glucósido expresada en mg/l. La expresión matemática obtenida fue  $Y = 0,0162 X + 0,00190$ , con un  $R^2$  de 0,992, dando como resultado una muy buena linealidad (Figura 11).



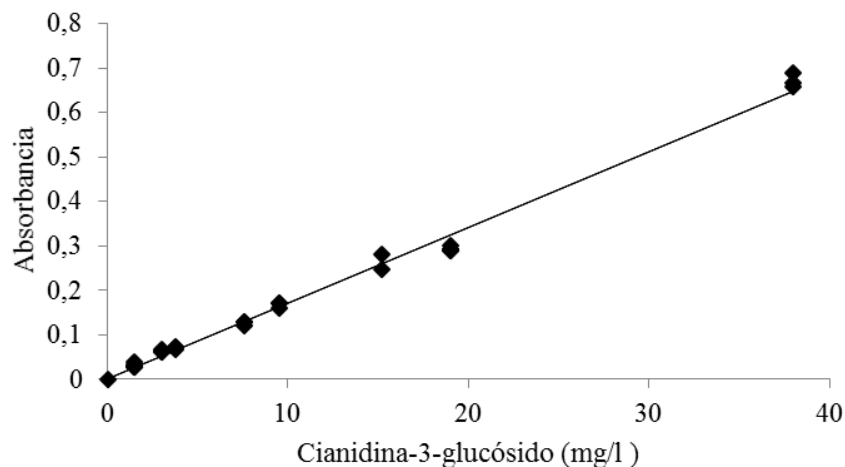


Figura 11: Curva de calibración de cianidina-3-glucósido para antocianinas totales.

### ***3.3.11. Determinación de carotenos totales:***

Se pesaron aproximadamente 0,3 g de las muestras de pulpa liofilizadas y 5 g del material obtenido durante la preparación del dulce. Se analizaron según el método de Rodríguez-Amaya y Kimura (2004) con algunas modificaciones. Las muestras se extrajeron por triplicado con 15 ml de acetona fría y se centrifugaron durante 5 minutos, se separó el sobrenadante, y se repitió el procedimiento hasta que el pellet quedó incoloro. Los sobrenadantes se adicionaron a una ampolla de decantación conteniendo 15 ml de éter de petróleo y se le agregó agua bidestilada para lograr una mejor separación de las fases. Se descartó la fase acuosa y la fase etérea se filtró en un embudo con tapón de lana de vidrio conteniendo sulfato de sodio anhidro. El filtrado se llevó a 25 ml con éter de petróleo y se midió la absorbancia a 450 nm en un espectrofotómetro UV/Vis HP 8453 (Hewlett Packard, Estados Unidos). Los resultados se expresaron como mg  $\beta$ -caroteno/ g bs.

### 3.3.12. Curva de calibración para carotenos totales

La curva de calibración se construyó aplicando el método descrito sobre un estándar de  $\beta$ -caroteno. Inicialmente se preparó una solución madre (132 g  $\mu\text{g/ml}$ ) utilizando acetona como solvente. Con esta solución se prepararon diluciones sucesivas en el rango de 0,9  $\mu\text{g/ml}$  hasta 8  $\mu\text{g/ml}$ . Todas las mediciones se realizaron por triplicado. Con los datos obtenidos se construyó un gráfico de la absorbancia calculada en función de la concentración de  $\beta$ -caroteno expresada en  $\mu\text{g/ml}$ . La expresión matemática obtenida fue  $Y = 0,121x - 0,0135$ , con un  $R^2$  de 0,999, por lo que la linealidad en el rango de trabajo fue muy buena (Figura 12).

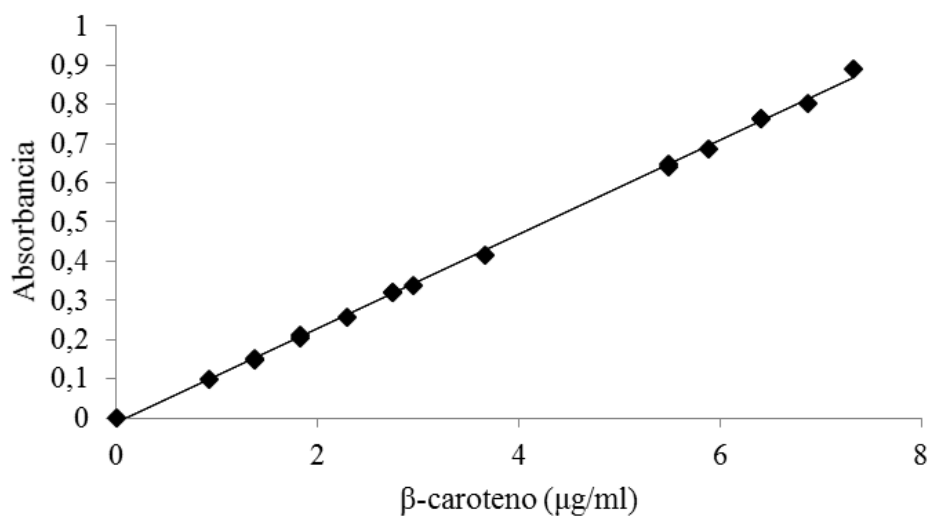


Figura 12: Curva de calibración de  $\beta$ -caroteno.

### ***3.3.13. Color:***

Se determinó por triplicado con un colorímetro CR-400, (Minolta Co. Ltd, Japón). Los datos se registraron en el sistema CIELab, siendo las coordenadas L\* (luminosidad), a\* (componente rojo-verde) y b\* (componente amarillo-azul).

### ***3.3.14. Análisis estadístico***

Se utilizó el programa InfoStat versión 2013 (Universidad de Córdoba, Argentina). Los análisis estadísticos para comparar los resultados fueron realizados por medio del test DGC con un nivel de significancia de 0,05. Las curvas de calibración para fenoles totales e individuales, actividad antioxidante, antocianinas y carotenos totales, así como sus respectivos coeficientes de determinación, se calcularon por análisis de regresión lineal.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Batatas a la cosecha

#### 4.1.1. Fenoles totales:

En la tabla 2 se muestran los contenidos de fenoles totales/g bs en la pulpa y piel de batatas frescas de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*. Se observó que los valores en la pulpa del cultivar *Colorado INTA* fueron aproximadamente el doble ( $p < 0,05$ ) que en el cultivar *Beauregard*. En cambio en la piel, no se hallaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ambos cultivares y resultaron además, un orden mayor que en la pulpa. Padda y Picha (2008c), también manifestaron una amplia variabilidad en el contenido de fenoles totales para distintos genotipos de batatas con pulpa color naranja. Asimismo, Estos autores (2008a y b) observaron valores de polifenoles similares tanto en la de piel de la batata como en la pulpa. Harrison y col. (2003) atribuyeron los elevados valores de fenoles totales registrados en la piel de la batata a un mecanismo de defensa química natural de la misma contra enfermedades e insectos.

Tabla 2: Contenido de fenoles totales expresados en mg de ácido clorogénico/ g bs para las batatas frescas de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*.

	<i>Beauregard</i>	<i>Colorado INTA</i>
<b>Pulpa</b>	$1,90^a \pm 0,10$	$3,59^b \pm 0,27$
<b>Piel</b>	$21,2^a \pm 1,4$	$21,7^a \pm 2,4$

Cada valor es el promedio  $\pm$  la desviación estándar de los resultados obtenidos.

Distintas letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre valores de una misma fila.

#### 4.1.2. Ácidos fenólicos individuales:

En las figuras 13 a 16 se muestran típicos cromatogramas HPLC de extractos de piel y pulpa de batata, donde se pueden observar los picos de los ácidos fenólicos identificados. En las muestras analizadas, se identificaron siete ácidos fenólicos (ácido clorogénico y sus isómeros, ácidos 3 y 4 cafeoilquinico, ácido cafeico e isómeros dicafeoilquínicos 4,5; 3,5 y 3,4). Sobre la base de los tiempos de elución de soluciones estándares, se identificó al ácido clorogénico, como pico 2 y al ácido cafeico como pico 4. El orden de elución de los demás compuestos hallados se determinó en concordancia con análisis cromatográficos similares utilizando HPLC en gradiente, para extractos de distintos cultivares de batata, reportados por Jung y col. (2011). Los picos 1 y 3 fueron asignados como los ácidos 3 y 4 cafeoilquínico; y los picos 5, 6 y 7 correspondieron a los isómeros dicafeoilquínicos 4,5; 3,5 y 3,4 respectivamente.

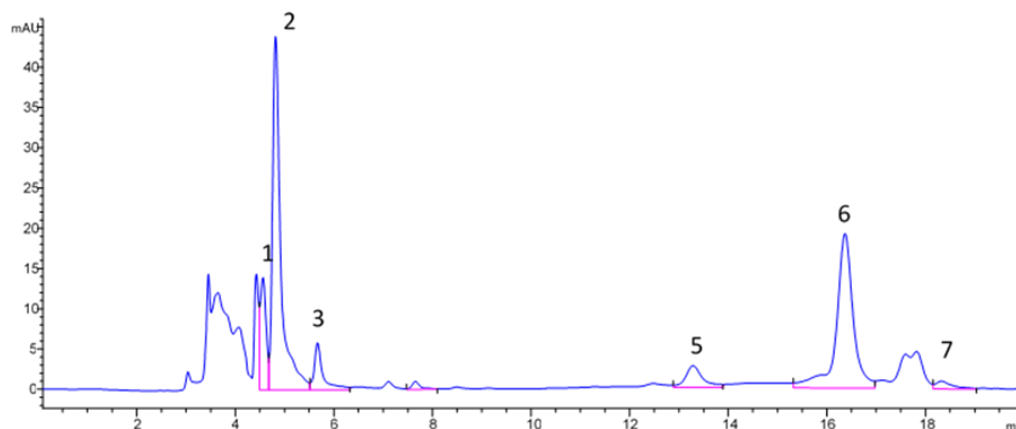


Figura 13: Cromatograma HPLC para los ácidos fenólicos individuales extraídos de pulpa de batata fresca del cultivar *Beauregard*.

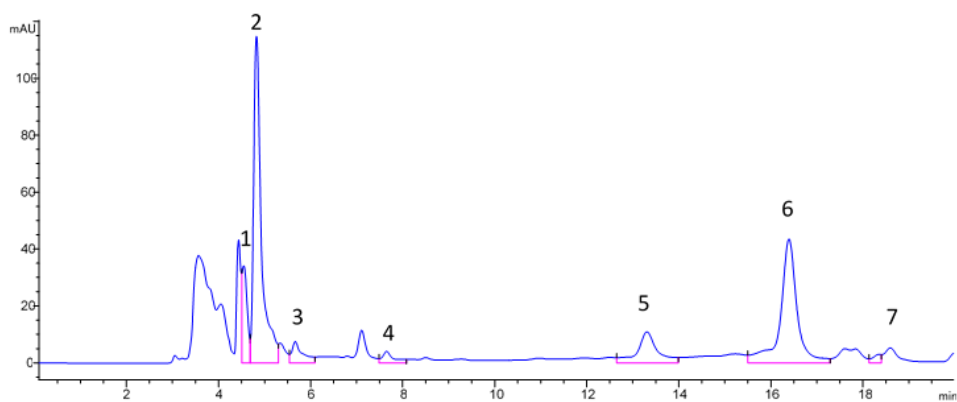


Figura 14: Cromatograma HPLC para los ácidos fenólicos individuales extraídos de pulpa de batata fresca del cultivar *Colorado INTA*.

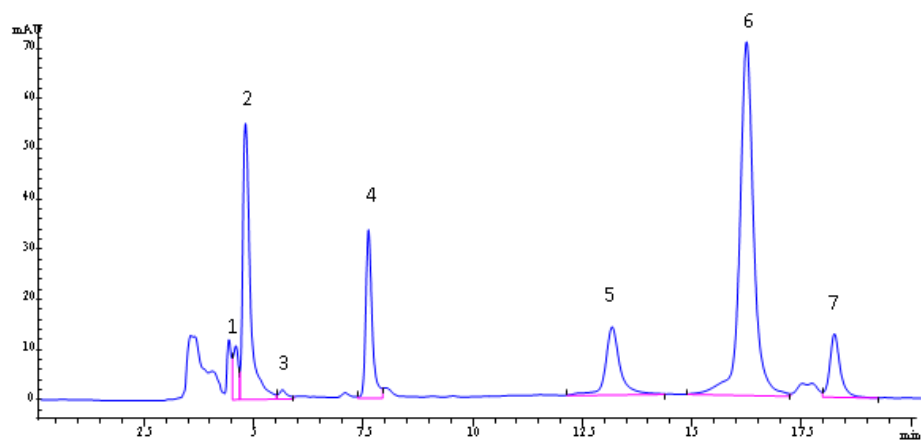


Figura 15: Cromatograma HPLC para los ácidos fenólicos individuales extraídos de piel de batata fresca del cultivar *Beauregard*.

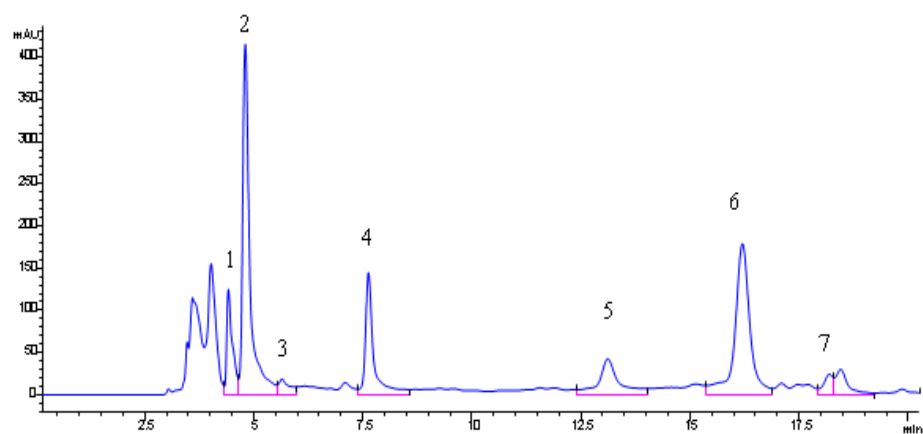


Figura 16: Cromatograma HPLC para los ácidos fenólicos individuales extraídos de la de piel de batata fresca del cultivar *Colorado INTA*.

En la tabla 3 se muestra el contenido de los ácidos fenólicos individuales identificados en la pulpa de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* al momento de la cosecha. Puede observarse que la pulpa del cultivar *Colorado INTA* presentó contenidos significativamente más elevados ( $p<0,05$ ) que la del cultivar *Beauregard*, de todos los ácidos fenólicos estudiados, coincidiendo con lo reportado anteriormente en el contenido de fenoles totales.

Tabla 3: Contenido de ácidos fenólicos individuales en la pulpa de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* al momento de la cosecha. Los valores están expresados en mg/100 g bs.

Ácido fenólico	<i>Beauregard</i>	<i>Colorado INTA</i>
Ácido clorogénico	$18,5 \pm 1,9^a$	$42,0 \pm 4,0^b$
Ácido 3 cafeoilquinico	$5,0 \pm 0,3^a$	$13,7 \pm 2,3^b$
Ácido 4 cafeoilquinico	$4,1 \pm 0,4^a$	$5,6 \pm 0,5^b$
Ácido cafeico	-	$0,8 \pm 0,1$
Ácido 3,4 dicafeoilquinico	$1,9 \pm 0,1^a$	$2,2 \pm 0,1^b$
Ácido 4,5 dicafeoilquinico	$3,2 \pm 0,3^a$	$9,4 \pm 2,6^b$
Ácido 3,5 dicafeoilquinico	$13,3 \pm 2,1^a$	$28,5 \pm 4,2^b$

Cada valor es el promedio  $\pm$  la desviación estándar de los resultados obtenidos.

Distintas letras indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ) entre valores de una misma fila.

En la tabla 4 se muestra el contenido de los ácidos fenólicos individuales en la piel para los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*. Ambos cultivares presentaron distinta proporción de algunos ácidos fenólicos, aunque esta variación en su composición no reflejó diferencias significativas ( $p<0,05$ ) en el contenido de fenoles totales, como fue señalado previamente. Los ácidos fenólicos más abundantes fueron el ácido clorogénico y el 3,5 dicafeoilquinico, tanto en la piel como en la pulpa de los cultivares estudiados. El ácido cafeico se encontró en muy bajas concentraciones en la pulpa del cultivar *Colorado INTA* y no se identificó en la pulpa del cultivar *Beauregard*. En estudios previos (Padda y Picha 2008c, Ishiguro y col.,

2007) también se ha reportado a los ácidos clorogénico y 3,5 dicafeoilquinico como los mayoritarios en cultivares de batata de distinto color de pulpa y en coincidencia con los resultados antes mencionados, Bellail y col., (2012) tampoco encontraron ácido cafeico en la pulpa de ninguno de los cultivares analizados, entre ellos *Beauregard*.

Tabla 4: Contenido de ácidos fenólicos individuales en la piel de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* al momento de la cosecha. Los valores están expresados en mg/100 g bs.

Ácido fenólico	<i>Beauregard</i>	<i>Colorado INTA</i>
Ácido clorogénico	225 ± 23 <sup>a</sup>	273 ± 12 <sup>b</sup>
Ácido 3 cafeoilquinico	46,3 ± 3,8 <sup>a</sup>	69,8 ± 0,1 <sup>b</sup>
Ácido 4 cafeoilquinico	27,5 ± 0,8 <sup>b</sup>	21,3 ± 1,6 <sup>a</sup>
Ácido cafeico	47,1 ± 6,0 <sup>a</sup>	45,5 ± 2,3 <sup>a</sup>
Ácido 3,4 dicafeoilquinico	69,9 ± 7,2 <sup>b</sup>	20,4 ± 0,3 <sup>a</sup>
Ácido 4,5 dicafeoilquinico	95,3 ± 12 <sup>b</sup>	67,5 ± 2,7 <sup>a</sup>
Ácido 3,5 dicafeoilquinico	428 ± 64 <sup>b</sup>	207 ± 11 <sup>a</sup>

Cada valor es el promedio ± la desviación estándar de los resultados obtenidos.

Distintas letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre valores de una misma fila.

#### 4.1.3. Actividad antioxidante:

En la tabla 5 se muestra la actividad antioxidante/g bs de las batatas recién cosechadas para los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*. Al igual que los resultados reportados al analizar el contenido de fenoles totales, los valores obtenidos para la pulpa, resultaron aproximadamente el doble en el cultivar *Colorado INTA* que en el cultivar *Beauregard*. En la piel, la actividad antioxidante fue muy superior que en la pulpa y sin diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre cultivares. Otros autores, analizando distintos cultivares, también reportaron diferencias entre ellos y partes de la raíz, similares a las del presente



trabajo (Jung y col., 2011; Padda y Picha, 2008ac; Teow y col., 2007; Harrison y col., 2003)

Tabla 5: Actividad antioxidante expresada en mg de TROLOX/ g bs para las batatas frescas de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*.

	<i>Beauregard</i>	<i>Colorado INTA</i>
<b>Pulpa</b>	2,05 <sup>a</sup> ± 0,22	4,64 <sup>b</sup> ± 0,33
<b>Piel</b>	23,8 <sup>a</sup> ± 0,59	22,2 <sup>a</sup> ± 2,1

Cada valor es el promedio ± la desviación estándar de los resultados obtenidos.

Distintas letras indican diferencias significativas (p<0,05) entre valores de una misma fila.

Algunas investigaciones revelan una marcada diferencia en la actividad antioxidante de distintas especies de frutas y vegetales (Vinson y col. 1998; Ciz y col., 2010). Los valores encontrados en este trabajo se encuentran dentro del mismo rango que los de otros vegetales como zanahoria, zapallo y papa, aunque menor que la del brócoli, vegetal que presenta una elevada capacidad antioxidante (Cao y col., 1996).

#### **4.1.4. Antocianinas:**

En la tabla 6 se muestra el contenido de antocianinas totales de piel y pulpa en batatas recién cosechadas de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*. En la pulpa del cultivar *Beauregard*, las antocianinas no fueron detectables. Al igual que lo observado al analizar los fenoles totales, los valores obtenidos en la piel del cultivar *Colorado INTA* fueron un orden superior que en la pulpa, también en coincidencia con otros autores como Truong y col., (2007). El mayor contenido de estos compuestos registrado en el cultivar *Colorado INTA* podría atribuirse a las vetas color púrpura que éste posee tanto en la piel como en la

pulpa, no visibles en el cultivar *Beauregard*. Los valores obtenidos en este cultivar, fueron semejantes a los reportados por Lachman y col., (2012), para cultivares de pulpa color amarillo con tintes morado, habiendo sido éstos reportados como los de menor concentración entre los diferentes cultivares estudiados. En estudios previos realizados por Teow y col., (2007), tampoco se encontraron antocianinas en la pulpa del cultivar *Beauregard*.

Tabla 6: Contenido de antocianinas totales en piel y pulpa de batatas recién cosechadas de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*. Los valores están expresados en mg cianidina-3-glucósido/g bs.

	<i>Beauregard</i>	<i>Colorado INTA</i>
<b>Pulpa</b>	-	0,16 ± 0,01
<b>Piel</b>	0,16 ± 0,04	1,72 ± 0,13

Cada valor es el promedio ± la desviación estándar de los resultados obtenidos.

#### 4.1.5. Carotenos totales:

En la tabla 7 se muestran los contenidos de carotenos totales, al momento de la cosecha, para los cultivares *Beauregard*, *Colorado INTA*, expresados en µg β-caroteno/g bs. También se incluyen los cultivares, *Arapey* y *Morada INTA*, de pulpa amarilla con el objetivo de comparar el contenido de carotenos totales entre cultivares de distinto color de pulpa. Confirmando lo esperado, en los cultivares de pulpa naranja, los contenidos fueron mucho más elevados que en los de pulpa amarilla alcanzando valores un orden superior a estos últimos. Además, las batatas del cultivar *Colorado INTA* presentaron un 28% más de carotenos totales que las del cultivar *Beauregard*. Varios autores, como Grace y col. (2014) y Hagenimana, y col. 1999), analizaron el contenido de carotenos totales en cultivares de batata de distinto color de pulpa y encontraron valores similares a los del presente trabajo

tanto para los cultivares de pulpa naranja como para los de pulpa amarilla. Por otro lado, Moura y col., 2015 reportaron un amplio rango en el contenido de carotenos totales, de 2 a 632  $\mu\text{g/g}$  bs entre cultivares de pulpa blanca, amarilla, naranja y púrpura. Teniendo en cuenta estos valores, los cultivares evaluados en el presente trabajo se encuentran entre los de mayor contenido, incluso superior, en el caso del cultivar *Colorado INTA*, a los antes mencionados.

Tabla 7: Contenido de carotenos totales de 4 cultivares de batata expresados en  $\mu\text{g}$   $\beta$ -caroteno/g bs.

<b>Cultivar</b>	<b><math>\mu\text{g}</math> <math>\beta</math>-caroteno/g bs</b>
<i>Beauregard</i>	555 <sup>b</sup> $\pm$ 14
<i>Colorado INTA</i>	712 <sup>c</sup> $\pm$ 25
<i>Arapey</i>	46,6 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2
<i>Morada INTA</i>	46,9 <sup>a</sup> $\pm$ 0,3

Cada valor es el promedio  $\pm$  la desviación estándar de los resultados obtenidos.

Distintas letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre valores de una misma columna.

Algunos autores han demostrado que el  $\beta$ -caroteno es el carotenoide mayoritario (60-90%) en cultivares de pulpa naranja (Kidmose y col., 2007; Hagenimana y col. 1999; K'osambo y col., 1998; Takahata y col., 1993). En este sentido, Huang y col., (1999) y Hagenimana y col. (1999) observaron que el porcentaje de  $\beta$ -caroteno aumenta con un mayor contenido de carotenos totales, por lo que se podría inferir que los cultivares de pulpa naranja estudiados poseen un elevado contenido de este compuesto que podría representar al menos un 50% de los carotenos totales. Trumbo y col (2001) estimaron que 12  $\mu\text{g}$   $\beta$ -caroteno corresponden a 1  $\mu\text{g}$  retinol. Este factor está basado en la bioeficacia de los carotenoides en una dieta mixta

de una población saludable en países desarrollados. De acuerdo a la Junta de Alimentación y Nutrición del Instituto de Medicina del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, la dosis diaria recomendada de vitamina A ( $\mu\text{g}/\text{día}$ ) para niños en edad pre-escolar es de 400  $\mu\text{g}$  equivalente de actividad de retinol (EAR)/día. Por lo tanto, tomando el factor de conversión mencionado anteriormente, podríamos estimar que 20 g de batata seca/día (equivalentes a 100 g batata fresca/día) tanto del cultivar *Beauregard* como de *Colorado INTA*, cubrirían la dosis diaria recomendada. Esta cifra correspondería a un peso menor al de una unidad de batata, lo que muestra la riqueza de este producto como fuente de provitamina A. Cabe destacar que este valor calculado es menor que los 125 g de batata fresca/día necesarios para cubrir la dosis diaria reportados por el Centro Internacional de la Papa (CIP, 2012) para los cultivares de pulpa naranja. Debe tenerse en cuenta que el contenido hallado para estos cultivares es considerablemente elevado, y que el valor estimado por el CIP probablemente considere un cierto margen de seguridad, teniendo en cuenta que el contenido de  $\beta$ -caroteno puede variar ampliamente de acuerdo a diversos factores, como el cultivar, la edad de la raíz, el clima y las prácticas agronómicas y de poscosecha (Mozafar, 1994; K'osambo y col., 1998).

#### **4.1.6. Color:**

En la tabla 8 figuran las variables de color  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , de los cuatro cultivares en los que se estudió el contenido de carotenos totales al momento de la cosecha. Los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*, de pulpa naranja, se diferenciaron significativamente ( $p < 0,05$ ) de los cultivares *Arapey* y *Morada INTA*, de pulpa amarilla, en todas las variables

de color estudiadas. Las mayores diferencias entre estos dos grupos se registraron en el componente a\*.

Los cultivares de pulpa naranja, se diferenciaron entre sí ( $p < 0,05$ ) sólo en la variable b\*, pudiendo asociar un mayor valor de b\* con una proporción más abundante del componente amarillo.

Tabla 8: Variables de color, L\*, a\* y b\* de la pulpa de los 4 cultivares de batata al momento de la cosecha.

<b>Cultivar</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
<i>Beauregard</i>	$72,3 \pm 1,4^b$	$22,9 \pm 1,1^c$	$48,2 \pm 1,1^b$
<i>Colorado INTA</i>	$72,9 \pm 2,3^b$	$22,4 \pm 1,3^c$	$44,0 \pm 1,3^c$
<i>Arapey</i>	$83,8 \pm 0,7^a$	$6,8 \pm 1,4^b$	$34,4 \pm 1,1^a$
<i>Morada INTA</i>	$85,5 \pm 0,5^a$	$3,4 \pm 0,7^a$	$33,7 \pm 0,6^a$

Cada valor es el promedio  $\pm$  la desviación estándar de los resultados obtenidos.

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) por columna.

#### 4.2. Almacenamiento

Una vez cosechadas las raíces de batata suelen ser almacenadas bajo condiciones controladas para su posterior comercialización. Con el objetivo de analizar si el contenido de los compuestos antioxidantes y el color variaban durante el almacenamiento, se determinó color, contenido de fenoles totales e individuales, actividad antioxidante, antocianinas y carotenos totales luego de los 90 días de conservación en cámara a  $13 \pm 2$  °C para luego comparar estos valores con los correspondientes a las batatas recién cosechadas.

#### 4.2.1. Fenoles totales:

En la tabla 9 se muestran los contenidos de fenoles totales/ g bs en piel y pulpa de batatas de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*, a los 90 días de su conservación y en la figura 17 se muestra la variación de los mismos durante el almacenamiento. Se puede observar en la figura, que los cambios producidos en el contenido de fenoles totales fue diferente en la piel y la pulpa para ambos cultivares. Luego del almacenamiento, estos compuestos aumentaron considerablemente ( $p<0,05$ ) en la pulpa del cultivar *Colorado INTA* pero no se observaron variaciones significativas ( $p<0,05$ ) en la del cultivar *Beauregard*, por lo que las diferencias entre ambos cultivares se acrecentaron luego de la conservación. Por el contrario, en la piel, disminuyeron 34% en ambos cultivares.

Tabla 9: Contenido de fenoles totales expresados en mg de ácido clorogénico /g bs para los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*, a los 90 días de su conservación.

	<i>Beauregard</i>	<i>Colorado INTA</i>
<b>Pulpa</b>	2,15 <sup>a</sup> ± 0,13	5,78 <sup>b</sup> ± 0,19
<b>Piel</b>	14,1 <sup>a</sup> ± 1,4	14,3 <sup>a</sup> ± 1,5

Cada valor es el promedio ± la desviación estándar de los resultados obtenidos.

Distintas letras indican diferencia significativa ( $p<0,05$ ) entre valores de una misma fila.

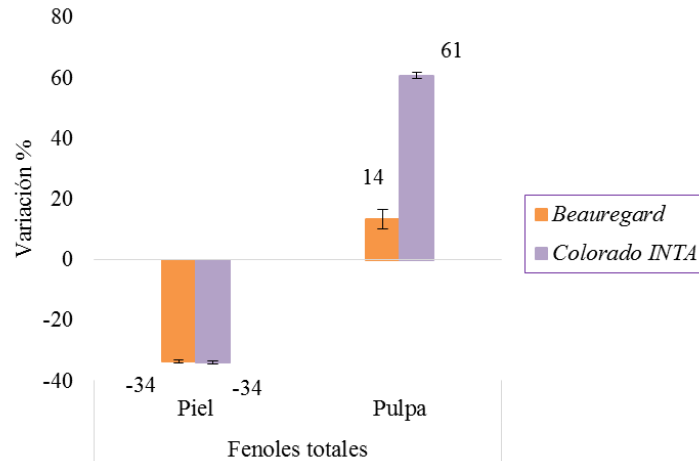


Figura 17: Variación en % del contenido de fenoles totales luego de 90 días de almacenamiento en la piel y la pulpa de los cultivares *Beuregard* y *Colorado INTA*.

Estudios previos han reportado resultados contradictorios con respecto a la variación de los polifenoles durante el almacenamiento de cultivares de batata del mismo color de pulpa y en las mismas condiciones de temperatura. Varios autores vincularon los incrementos reportados, a la respuesta de las plantas a varios tipos de estrés no bióticos como daño mecánico (Kojima y Kondo, 1985) y radiación ultravioleta (Lott, 1960), o al ataque por virus, bacterias, hongos (Farkas y Kiraly, 1962; Frey-Wyssling y Babler, 1957; Kué y col., 1956) nematodos, insectos (Dowd y Vega, 1996). Estos factores pueden afectar la fisiología del producto durante el almacenamiento desencadenando respuestas que inducirían la acumulación de compuestos fenólicos u otros metabolitos secundarios. La síntesis de estos compuestos puede ser estimulada como resultado del incremento de la transcripción de genes que codifican la biosíntesis de las enzimas correspondientes (Dixon y Paiva, 1995). Por otro lado, Shi y col., (1992) atribuyeron la disminución de los ácidos fenólicos durante el almacenamiento a 15 °C y 85% humedad relativa a la degradación de los mismos por la

acción de enzimas (polifenoloxidasa, peroxidasa, antocianasa) que se encuentran en los tejidos de las raíces.

Al comparar el contenido de fenoles totales entre los cultivares evaluados, luego del almacenamiento (Tabla 9), se observó que en la pulpa del cultivar *Colorado INTA*, éste fue aproximadamente tres veces más elevado que en el cultivar *Beauregard*, y en la piel, resultaron un orden mayor que en la pulpa pero sin diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para ambos cultivares.

#### 4.2.2. Ácidos fenólicos individuales:

En la figura 18 se muestran los contenidos de los ácidos fenólicos individuales y totales en la pulpa de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* antes y después del almacenamiento.

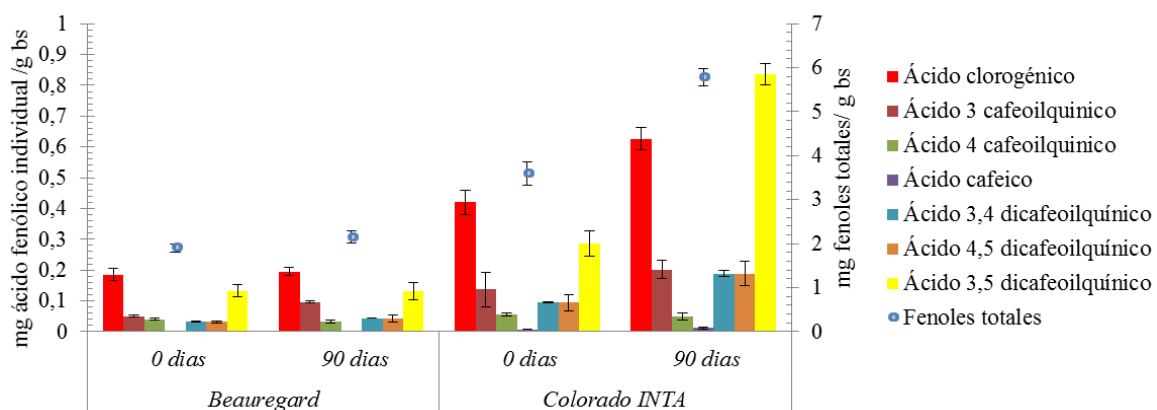


Figura 18: Contenido de ácidos fenólicos individuales en la pulpa de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* antes y después de su almacenamiento. Los valores están expresados en mg/g bs.



Al analizar las variaciones, durante la conservación se encontró que en la pulpa del cultivar *Beauregard*, sólo se registró variación significativa ( $p < 0,05$ ) en el ácido 3 cafeoilquinico, aunque ésta no fue reflejada en los fenoles totales. En cambio en la pulpa del cultivar *Colorado INTA* hubo un incremento significativo ( $p < 0,05$ ) de los compuestos mayoritarios, ácido clorogénico y 3,5 dicafeoilquínico, junto a algunos de sus isómeros, 3,4 y 4,5 dicafeoilquínico. El ácido 3,5 dicafeoilquínico aumentó en mayor proporción que el resto, pasando a ser el compuesto mayoritario a los 90 días de la conservación. El aumento de la mayoría de los ácidos fenólicos contribuyó al considerable incremento registrado en los fenoles totales de la pulpa de este cultivar durante el almacenamiento.

Al igual que lo reportado al analizar los fenoles totales, se encontraron resultados contradictorios con respecto a la variación de estos ácidos fenólicos durante el almacenamiento de cultivares de batata del mismo color de pulpa y en las mismas condiciones de temperatura. Mientras que Ishiguro y col., (2007) observaron que los ácidos mayoritarios (clorogénico y 3,5 dicafeoilquínico) se incrementaban, Grace y col., (2014) observaron una disminución de los mismos.

En la figura 19 se muestran los contenidos de los ácidos fenólicos individuales y totales en la piel de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* antes y después del almacenamiento.

En la piel de ambos cultivares, se observó una disminución significativa ( $p < 0,05$ ) de los ácidos fenólicos mayoritarios y algunos de sus isómeros, siendo ésta la causa de la merma mencionada anteriormente en el contenido de los fenoles totales.

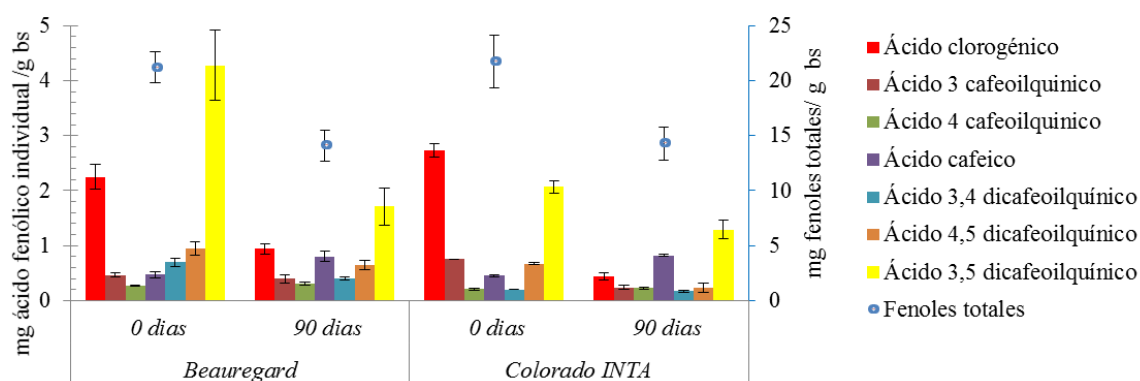


Figura 19: Contenido de ácidos fenólicos individuales en la piel de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* antes y después de su almacenamiento. Los valores están expresados en mg/g bs.

En la tabla 10 figuran los contenidos de los ácidos fenólicos individuales en la pulpa de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* luego del almacenamiento; y en la tabla 11 se muestran los mismos contenidos para la piel de ambos cultivares. Al comparar los fenoles individuales en las batatas almacenadas, se encontró que la pulpa del cultivar *Colorado INTA* presentó contenidos significativamente ( $p < 0,05$ ) más elevados que el cultivar *Beauregard*, en todos los ácidos fenólicos estudiados, confirmando el incremento reportado anteriormente en el contenido de fenoles totales.

En la piel, en cambio, *Beauregard*, presentaron mayor concentración los ácidos clorogénico y sus isómeros y los 3,4 y 4,5 dicafeoilquinicos y no hubo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el resto de los ácidos fenólicos identificados. Esta variación en la composición no reflejó variaciones significativas ( $p < 0,05$ ) en el contenido de fenoles totales en la piel de ambos cultivares.

Tabla 10: Contenido de ácidos fenólicos individuales en la pulpa de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* después de su almacenamiento. Los valores están expresados en mg/100 g bs.

Ácido fenólico	<i>Beauregard</i>	<i>Colorado INTA</i>
Ácido clorogénico	19,5 <sup>a</sup> ± 1,3	62,7 <sup>b</sup> ± 0,37
Ácido 3 cafeoilquinico	9,7 <sup>a</sup> ± 0,4	20,1 <sup>b</sup> ± 3,0
Ácido 4 cafeoilquinico	3,3 <sup>a</sup> ± 0,6	4,9 <sup>a</sup> ± 1,2
Ácido cafeico	-	1,2 ± 0,3
Ácido 3,4 dicafeoilquinico	1,8 <sup>a</sup> ± 0,1	4,1 <sup>b</sup> ± 0,9
Ácido 4,5 dicafeoilquinico	4,3 <sup>a</sup> ± 1,2	18,9 <sup>b</sup> ± 4,0
Ácido 3,5 dicafeoilquinico	13,1 <sup>a</sup> ± 2,8	83,5 <sup>b</sup> ± 3,4

Cada valor es el promedio ± la Desviación Estándar de los resultados obtenidos.

Distintas letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre valores de una misma fila.

Tabla 11: Contenido de ácidos fenólicos individuales en la piel de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* después de su almacenamiento. Los valores están expresados en mg/100 g bs.

Ácido fenólico	<i>Beauregard</i>	<i>Colorado INTA</i>
Ácido clorogénico	94,2 <sup>b</sup> ± 9,7	43,9 <sup>a</sup> ± 6,0
Ácido 3 cafeoilquinico	39,5 <sup>b</sup> ± 6,8	24,0 <sup>a</sup> ± 3,8
Ácido 4 cafeoilquinico	30,3 <sup>b</sup> ± 2,8	23,1 <sup>a</sup> ± 2,3
Ácido cafeico	80,7 <sup>a</sup> ± 8,8	82,1 <sup>a</sup> ± 2,3
Ácido 3,4 dicafeoilquinico	39,7 <sup>b</sup> ± 2,9	17,2 <sup>a</sup> ± 1,4
Ácido 4,5 dicafeoilquinico	64,9 <sup>b</sup> ± 9,0	23,6 <sup>a</sup> ± 7,9
Ácido 3,5 dicafeoilquinico	171 <sup>a</sup> ± 33	129 <sup>a</sup> ± 17

Cada valor es el promedio ± la Desviación Estándar de los resultados obtenidos.

Distintas letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre valores de una misma fila.

#### 4.2.3. Actividad antioxidante:

En la figura 20 se muestra la variación de la actividad antioxidante para los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* durante su almacenamiento; y en la tabla 12 figura el mismo parámetro para las batatas de ambos cultivares a los 90 días de su conservación. Se puede

observar en la figura, al igual que lo reportado previamente en el contenido de los fenoles totales, que la actividad antioxidante fue diferente entre la piel y la pulpa de ambos cultivares. Luego de 90 días de almacenamiento, la capacidad antioxidante aumentó significativamente ( $p<0,05$ ) en la pulpa de los dos cultivares estudiados pero en una proporción considerablemente mayor en el cultivar *Colorado INTA*. En la piel de ambos cultivares, la actividad antioxidante disminuyó aproximadamente 30%. Varios autores coinciden en que la variación en la actividad antioxidante durante el almacenamiento de raíces de batata depende del cultivar (Lieberman y col., 1959, Lattanzio y col., 1994; Ishiguro y col., 2007; Grace y col., 2014).

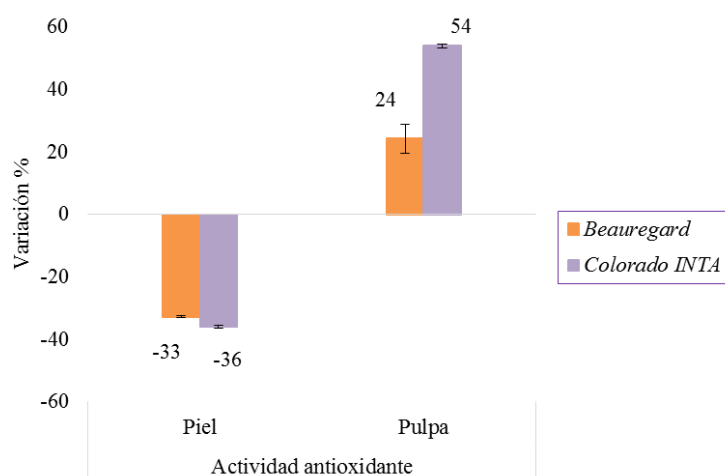


Figura 20: Variación (%) de la actividad antioxidante durante el almacenamiento en piel y pulpa de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*.

Al comparar los valores alcanzados en ambos cultivares luego del almacenamiento (tabla 13), se observó que, en coincidencia con el contenido de fenoles totales, la actividad antioxidante en la pulpa del cultivar *Colorado INTA* fue muy superior a la del cultivar *Beauregard* y no se hallaron diferencias significativas ( $p<0,05$ ) en la registrada en la piel de

ambos cultivares. Puede notarse que los valores de la piel superaron en un orden a los de la pulpa.

Tabla 13: Actividad antioxidante expresada en mg TROLOX /g bs para los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*, a los 90 días de su conservación.

	<i>Beauregard</i>	<i>Colorado INTA</i>
<b>Pulpa</b>	2,6 <sup>a</sup> ± 0,24	7,1 <sup>b</sup> ± 0,23
<b>Piel</b>	16,0 <sup>a</sup> ± 1,3	14,2 <sup>a</sup> ± 1,5

Cada valor es el promedio ± la desviación estándar de los resultados obtenidos.

Distintas letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre valores de una misma fila.

#### 4.2.4. *Correlación entre fenoles totales y la actividad antioxidante:*

En frutas y vegetales la actividad antioxidante ha sido mayormente atribuida a la presencia de compuestos polifenólicos, antocianinas y carotenoides (Kaur y Kapoor, (2001). En raíces de batata, ha sido atribuida al contenido de fenoles (Rabah y col., 2004). Al analizar el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante de las muestras de piel y pulpa, para las batatas frescas, antes y después del almacenamiento, se observó que las variaciones eran muy similares. Debido a esto se intentó correlacionar ambos parámetros en las diferentes muestras analizadas. En la figura 21, puede observarse que los valores de la actividad antioxidante mostraron una muy buena correlación ( $R^2 = 0,990$ ) con los contenidos de fenoles totales. Otros autores, también encontraron una elevada correlación entre el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante en distintos cultivares de batata (Padda y Picha 2008b, Wang y col., 2006). Esto sugiere que la actividad antioxidante de las batatas podría atribuirse principalmente a la presencia de polifenoles.

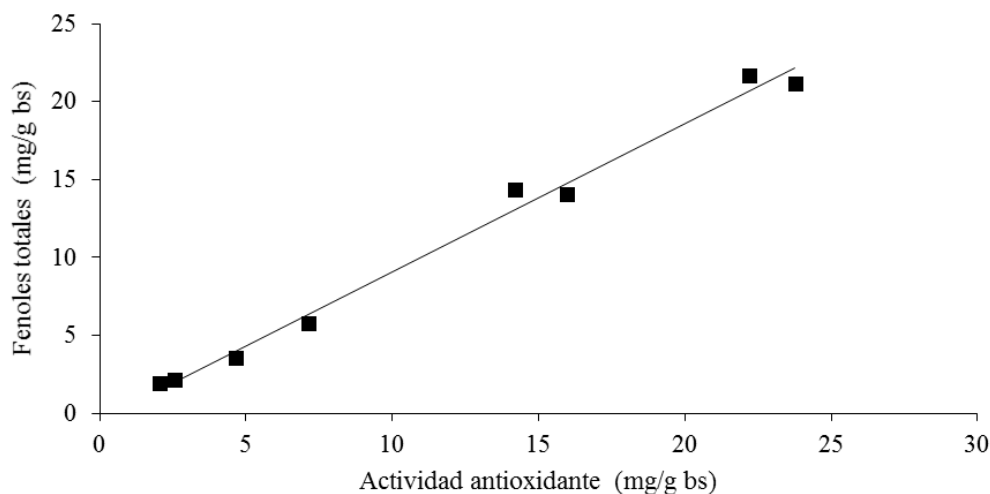


Figura 21: Correlación entre el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante para ambos cultivares, en piel y pulpa de las batatas recién cosechadas y luego del almacenamiento.

#### 4.2.5. Antocianinas:

Luego del almacenamiento, los contenidos de antocianinas totales fueron 0,19 y 0,49 mg /g bs para pulpa y piel respectivamente en el cultivar *Colorado INTA*. En el cultivar *Beauregard* no fueron detectables en ninguno de los tejidos evaluados.

En la figura 22 se muestran los contenidos de antocianinas totales antes y después del almacenamiento en piel y pulpa de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*. Al analizar la variación en el contenido de antocianinas totales luego de los 90 días de almacenamiento, no se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en la pulpa del cultivar *Colorado INTA*. En cambio, en la piel hubo una disminución considerable ( $p < 0,05$ ) obteniéndose en las batatas almacenadas contenidos muy reducidos de estos compuestos. Hayashi y col. (1996) reportaron que la estabilidad de las antocianinas en alimento puede alterarse por varios factores como calor, irradiación de luz, pH, iones metálicos, azúcares y ácidos orgánicos.

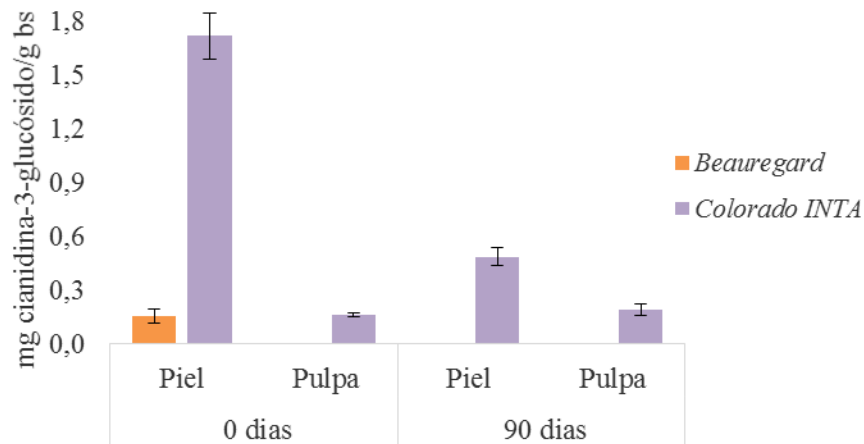


Figura 22: Contenido de antocianinas totales antes y después del almacenamiento en piel y pulpa de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*.

#### 4.2.6. Carotenos totales:

En la figura 23 se muestra el contenido de carotenos totales para los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* antes y después de los 90 días de almacenamiento en cámara a  $13 \pm 2$  °C. Al comparar los contenidos de carotenos totales, de las batatas recién cosechadas con las almacenadas durante 3 meses, se observó que los mismos variaron significativamente ( $p < 0,05$ ) para ambos cultivares aunque los cambios fueron leves. En el cultivar *Beauregard* los carotenos totales se incrementaron un 14%, y en *Colorado INTA* disminuyeron un 19%. Estos resultados coinciden con los de otros investigadores, como Grace y col., (2014) quienes analizaron la variación de los carotenos en distintos cultivares de batata almacenados durante 4 y 8 meses a 15 °C y 85% de humedad relativa y observaron que en algunos cultivares el contenido de carotenos aumentaba con el almacenamiento y en otros disminuía, pero los cambios eran leves. Asimismo, Stathers, y col., (2013) manifestaron que el almacenamiento de las batatas frescas afecta levemente el contenido de carotenos. En este sentido, Borsarelli y Mercadante (2009) manifestaron que las moléculas de los

carotenoides en frutas, vegetales, raíces y granos enteros, son menos susceptibles a la degradación, ya que están protegidos dentro de los tejidos a través de interacciones moleculares y asociación en complejos proteo-lípidos supramoleculares. Por otro lado, varios autores indicaron que el genotipo es el principal factor determinante de las variaciones de carotenos en batatas durante el almacenamiento (Ezell y Wilcox 1948, Grace y col., 2014).

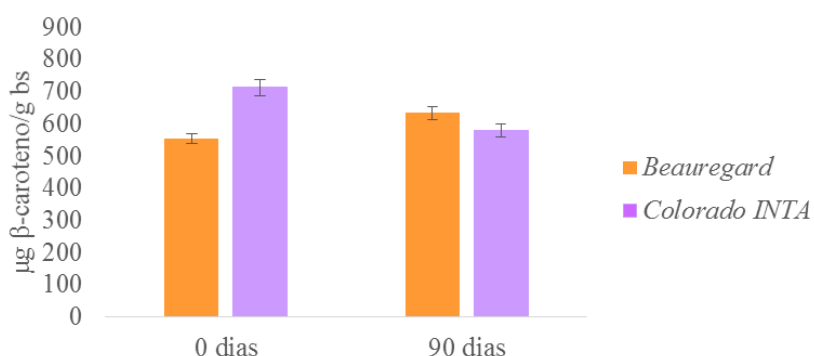


Figura 23: Contenido de carotenos totales luego del almacenamiento en dos cultivares de batata, *Beauregard* y *Colorado INTA* expresados en µg β-caroteno/g bs

Al comparar las batatas almacenadas de ambos cultivares, se observó que, a diferencia de los valores registrados al momento de la cosecha, las del cultivar *Beauregard* presentaron un contenido significativamente ( $p < 0,05$ ) mayor de carotenos totales que las de *Colorado INTA*, a causa del aumento y disminución en los respectivos cultivares, observados durante la conservación.

#### 4.2.7. Color:

En la tabla 14 figuran las variables de color  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  de la pulpa de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* luego de los 90 días de almacenamiento. Al comparar estos



valores con los obtenidos al momento de la cosecha, se observó que en el cultivar *Colorado INTA*,  $b^*$  se incrementó significativamente, por lo tanto, su componente amarillo fue mayor que al momento de la cosecha. En el cultivar *Beauregard*, no hubo variaciones significativas ( $p < 0,05$ ) en las variables de color durante el almacenamiento. Ambos cultivares tampoco mostraron diferencias ( $p < 0,05$ ) entre sí al final de su conservación.

Tabla 14 : Variables de color,  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  de la pulpa de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* luego de los 90 días de almacenamiento.

Cultivar	$L^*$	$a^*$	$b^*$
<i>Beauregard</i>	$72,6 \pm 1,6^b$	$21,8 \pm 1,3^c$	$47,6 \pm 1,3^b$
<i>Colorado INTA</i>	$71,4 \pm 2,6^b$	$22,2 \pm 1,5^c$	$46,2 \pm 1,5^b$

Cada valor es el promedio de tres repeticiones  $\pm$  la desviación estándar de los resultados obtenidos.

Letras distintas indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) por columna.

#### 4.2.8. Correlación entre el contenido de carotenos totales y las variables de color:

La medición objetiva del color podría ser una herramienta rápida para estimar el contenido de carotenoides en cultivares de batata de pulpa amarilla y naranja. La intensidad del color naranja en las frutas y vegetales ha sido asociada al contenido de carotenos, siendo éstos considerados un indicador del valor de provitamina A (Ameny y Wilson, 1997; Takahata y col., 1993). En la figura 24 se muestran las correlaciones entre las variables de color  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  (tablas 8 y 14) y el contenido de carotenos totales (figura 23) en las muestras de batata frescas. Al analizar la correlación entre estos parámetros se observó que todas las variables de color presentaron buena correlación, con valores de  $R^2$  superiores a 0,80. Las expresiones matemáticas fueron:

$$Y = 0,0206x + 85,3 \quad R^2 = 0,936 \text{ para } L^*$$

$$Y = 0,0203x + 33,6 \quad R^2 = 0,861 \text{ para } b^*$$

$$Y = 0,0290x + 4,14 \quad R^2 = 0,948 \text{ para } a^*$$

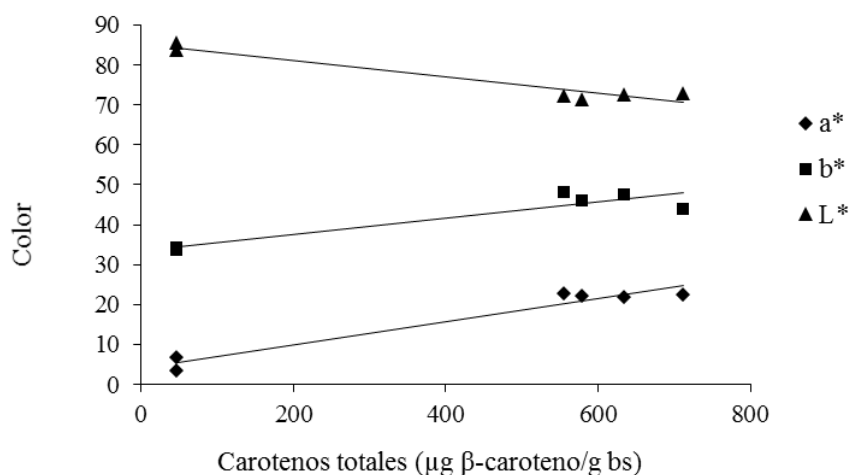


Figura 24: Correlación entre las variables de color  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  y el contenido de carotenos totales en las muestras de batatas frescas.

Estudios previos (Ameny y Wilson, 1997; Hagenimana y col., 1999) también reportaron altos valores de  $R^2$  al correlacionar las variables  $a^*$  y  $b^*$  con el contenido de  $\beta$ -caroteno en cultivares de pulpa naranja y amarilla. Al observar los valores, se encontró que en la variable  $L^*$  fueron muy cercanos entre sí para las distintas muestras y que la mayor variación se encontró en el parámetro  $a^*$ .

Para establecer si estos parámetros serían también indicadores suficientemente sensibles para pequeñas variaciones de color, se analizaron las mismas correlaciones pero sólo para los cultivares de pulpa naranja. Se observó que los  $R^2$  para las variables  $a^*$  y  $L^*$  fueron menores a 0,50 y para el parámetro  $b^*$  el  $R^2$  fue de 0,646. Por lo tanto,  $a^*$  podría considerarse un buen indicador del contenido de carotenos totales pero sólo para grandes

diferencias en este parámetro. Para pequeñas variaciones de color, como en el caso de los cultivares de pulpa naranja estudiados en este trabajo, se recomienda realizar la determinación de carotenos totales.

#### **4.3. Proceso de elaboración de dulce**

Considerando los elevados contenidos de compuestos antioxidantes hallados en las pieles de los dos cultivares evaluados, y con el objetivo de obtener dulces con mayor contenido de estos compuestos que los tradicionales elaborados con pulpa, se prepararon también, dulces con batata entera, incluyendo la piel. Sobre ambos tipos de dulce se determinó y comparó el contenido de fenoles totales e individuales, actividad antioxidante y carotenos totales.

##### **4.3.1. Fenoles totales:**

En la tabla 15 se muestran los contenidos de fenoles totales de los dulces elaborados con pulpa y batata entera de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*. Al analizar el aporte de la piel en los dulces elaborados con la batata entera, se observó que ambos cultivares presentaron un contenido mayor ( $p < 0,05$ ) de fenoles totales que los elaborados con la pulpa, siendo esta diferencia mayor entre los dulces elaborados con el cultivar *Beauregard*. El contenido de fenoles totales de los dulces correspondientes al cultivar *Colorado INTA* resultaron significativamente superiores ( $p < 0,05$ ) a los del cultivar *Beauregard*. Incluso, el dulce elaborado con pulpa de *Colorado INTA* contenía el doble de polifenoles que el de *Beauregard* con piel. Estos resultados eran esperables debido al alto contenido de fenoles totales tanto en la pulpa como en la piel del cultivar *Colorado INTA*.

Tabla 15: Contenido de fenoles totales expresados en mg de ácido clorogénico /100 g batata bs para los dulces elaborados con pulpa y batata entera de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*.

	<i>Beauregard</i>	<i>Colorado INTA</i>
<b>Dulce pulpa</b>	134 <sup>aA</sup> ± 10	395 <sup>aB</sup> ± 15
<b>Dulce entera</b>	190 <sup>bA</sup> ± 10	440 <sup>bB</sup> ± 16

Cada valor es el promedio ± la Desviación Estándar de los resultados obtenidos.

Distintas letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre valores de una misma columna (a, b) y de una misma fila (A, B).

Al analizar la variación en el contenido de los fenoles totales luego de la elaboración de los dulces con pulpa y batata entera se observó una merma considerable en estos compuestos con respecto a la batata fresca, registrándose mayores pérdidas en el cultivar *Beauregard* (60% y 53% respectivamente) que en el cultivar *Colorado INTA* (32% en los dulces con pulpa y 30% en los de batata entera). Debido a las importantes disminuciones observadas, se decidió analizar cuál de los tratamientos realizados durante el proceso fue el que provocó mayor pérdida de estos compuestos. Se estudió entonces la variación de los fenoles totales durante la primera etapa (cocción al vapor) y luego la cocción final luego del agregado de azúcar (en cacerola). Además, con el fin de analizar si la disminución en esta segunda etapa fue causada sólo por la prolongación del tratamiento térmico o si el agregado de azúcar contribuyó a la misma, se comparó el contenido de estos compuestos en los dulces con el de las batatas procesadas de la misma forma, sin agregado de azúcar.

En la figura 25 se grafican los contenidos de fenoles totales en las muestras de pulpa, y batata entera frescas utilizadas como materia prima (fresco), luego de la cocción con vapor (vapor), procesadas sin agregado de azúcar (cocción si azúcar) y dulces (dulce), de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*. Luego de la cocción con vapor, en el cultivar

*Beauregard*, se produjo una pérdida de 24% para la batata entera y 42% para la pulpa. En cambio, en el cultivar *Colorado INTA* frente al mismo método de cocción, los polifenoles en la pulpa disminuyeron un 7% y en la batata entera se incrementaron un 15%.

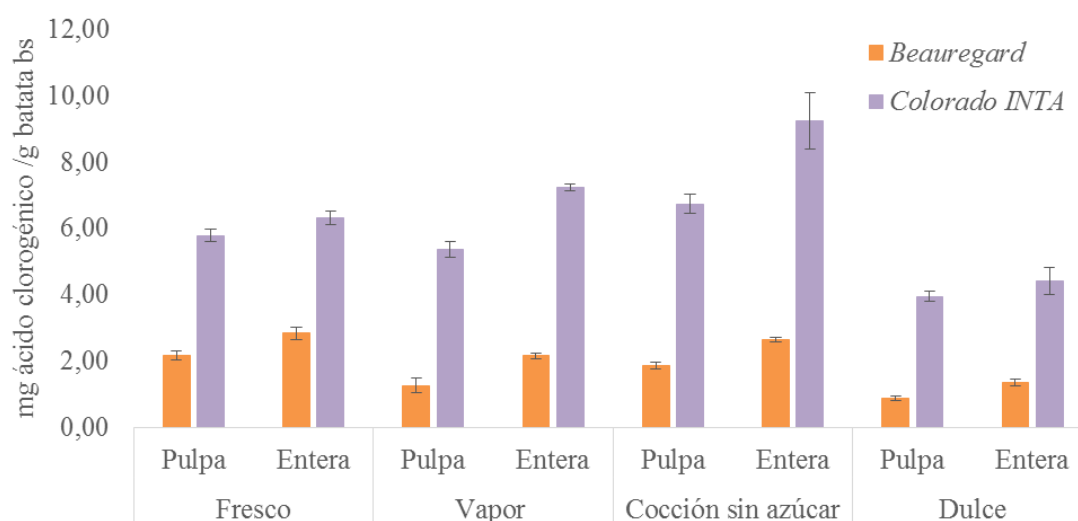


Figura 25: Contenido de fenoles totales de pulpa y batata entera durante la elaboración del dulce expresados en mg de ácido clorogénico /g batata bs.

Al analizar la variación del contenido de fenoles totales durante la cocción del dulce en cacerola (dulce vs vapor), se encontraron pérdidas similares para ambos cultivares y superiores a las observadas durante la cocción con vapor (vapor vs fresco). En el cultivar *Beauregard*, el contenido de fenoles totales se redujo un 38% en el dulce elaborado con la batata entera y un 31% en el dulce elaborado con pulpa. En el cultivar *Colorado INTA*, estos compuestos disminuyeron un 39% para el dulce elaborado con la batata entera y 26% para el dulce elaborado con pulpa.

Al comparar el contenido de fenoles totales en las muestras elaboradas con y sin azúcar, se encontró que en todos los casos analizados, los valores obtenidos en las primeras fueron

mucho más bajos que en las segundas, con diferencias en todos los casos cercanas al 50%. Inclusive, puede observarse que el contenido de estos compuestos aumenta durante la cocción en cacerola sin azúcar. Por lo tanto, el agregado de azúcar incrementaría la pérdida del contenido de fenoles totales.

Estudios previos han reportado resultados contradictorios con respecto a la variación de los fenoles totales en distintos cultivares de batata durante diversos tratamientos térmicos. Algunos autores, como Jung y col., (2011) y Shih y col., (2009) encontraron que el contenido de polifenoles luego de distintos procesos con calor en algunos cultivares no se modificaban y en otros disminuían, atribuyendo la degradación de los mismos en este último caso, al efecto del calor y a la acción de la polifenoloxidasa sobre estos compuestos durante el manipuleo y tratamientos previos a su inactivación por calor. Por otro lado, en otros estudios se reportaron aumentos en este parámetro durante distintos tratamientos térmicos, lo que coincide con el incremento observado durante la cocción en cacerola sin azúcar (ToKusoglu y Yildirim, 2012; Bellail y col., 2012; Wang y col., 2012; Rauntebach y col., 2010; Xu y Chang, 2009). Cabe aclarar que el tratamiento con vapor se realizó sobre trozos de batata, mientras que previamente a la cocción en cacerola, las muestras fueron trituradas, lo que favorecería la extracción de los fenoles. Los aumentos observados en este trabajo fueron atribuidos a la disrupción de la pared celular de los tejidos durante el tratamiento térmico, lo que contribuiría a una mejor extracción de los compuestos fenólicos. No se han encontrado datos en bibliografía acerca de degradación de polifenoles por efecto de la cocción en presencia de azúcar.

#### 4.3.2. Ácidos fenólicos:

En la tabla 16 figuran los contenidos de ácidos fenólicos individuales para los dulces de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* elaborados con pulpa y con batata entera. En concordancia con lo analizado para los fenoles totales, se observa que, luego de la elaboración del dulce, se produjeron importantes mermas en el contenido de los ácidos fenólicos y que además, los mayores contenidos de estos compuestos se encontraron en los dulces del cultivar *Colorado INTA*. Los ácidos fenólicos más abundantes en los dulces de ambos cultivares, fueron el ácido clorogénico y el ácido 3 cafeoilquínico. Esto difiere de lo observado en las batatas crudas, dónde los ácidos mayoritarios eran el ácido clorogénico y el 3,5 dicafeoilquínico. En estos últimos se registraron las mayores pérdidas durante la elaboración, por lo que en los dulces, los contenidos de los distintos ácidos fenólicos resultaron similares.

Al comparar los dulces elaborados con pulpa y batata entera, se encontró que en el cultivar *Colorado INTA*, la piel contribuyó a aumentar los contenidos de la mayoría de los ácidos fenólicos identificados en forma significativa ( $p < 0,05$ ). En cambio, en el dulce elaborado con batata entera del cultivar *Beauregard*, sólo se incrementó ( $p < 0,05$ ) el ácido 3,4 dicafeoilquínico.

Tabla 16: Contenido de ácidos fenólicos individuales en los dulces de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* expresados en mg /100 g batata bs.

Ácido fenólico	<i>Beauregard</i>		<i>Colorado INTA</i>	
	Dulce pulpa	Dulce entera	Dulce pulpa	Dulce entera
Ácido clorogénico	5,7 <sup>a</sup> ± 1,2	5,5 <sup>a</sup> ± 0,5	34,5 <sup>b</sup> ± 3,6	46,3 <sup>c</sup> ± 3,6
Ácido 3 cafeoilquinico	4,2 <sup>a</sup> ± 0,8	3,0 <sup>a</sup> ± 0,5	22,7 <sup>b</sup> ± 1,3	21,9 <sup>b</sup> ± 1,9
Ácido 4 cafeoilquinico	2,0 <sup>a</sup> ± 0,1	2,0 <sup>a</sup> ± 0,1	4,5 <sup>b</sup> ± 0,5	5,3 <sup>b</sup> ± 1,1
Ácido cafeico	-	-	0,20 <sup>a</sup> ± 0,02	0,60 <sup>b</sup> ± 0,05
Ácido 3,4 dicafeoilquinico	2,1 <sup>a</sup> ± 0,2	2,8 <sup>b</sup> ± 0,1	13,1 <sup>c</sup> ± 1,5	18,4 <sup>d</sup> ± 1,8
Ácido 4,5 dicafeoilquinico	2,0 <sup>a</sup> ± 0,6	2,4 <sup>a</sup> ± 0,1	13,1 <sup>c</sup> ± 0,9	18,0 <sup>d</sup> ± 2,1
Ácido 3,5 dicafeoilquinico	1,8 <sup>a</sup> ± 0,4	2,1 <sup>a</sup> ± 0,3	11,2 <sup>b</sup> ± 1,5	16,6 <sup>c</sup> ± 1,5

Cada valor es el promedio ± la Desviación Estándar de los resultados obtenidos.

Distintas letras indican diferencia significativa (p<0,05) entre valores de una misma fila.

En las figuras 26 y 27 se muestran los contenidos de ácidos fenólicos individuales y totales, para las muestras de pulpa frescas utilizadas como materia prima (fresco), luego de la cocción con vapor (vapor), procesadas sin agregado de azúcar (cocción si azúcar) y dulces (dulce) del cultivar *Beauregard* y *Colorado INTA*, respectivamente y en las figuras 28 y 29 se muestran los mismos compuestos para las muestras de batata entera, también de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*, respectivamente.

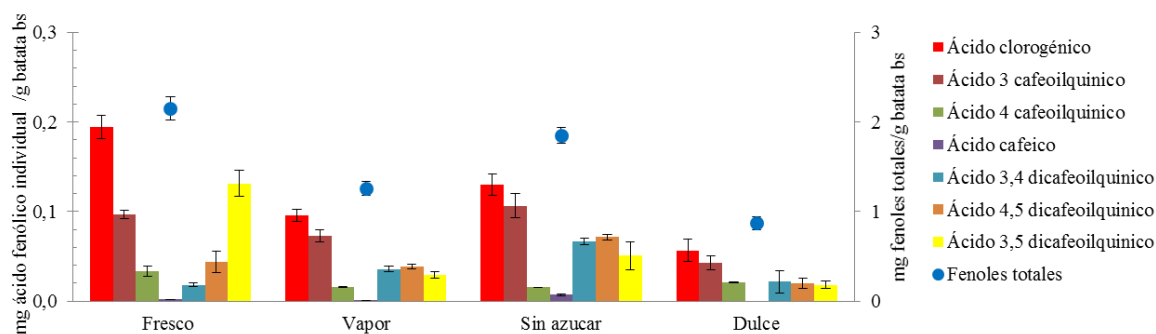


Figura 26: Contenido de ácidos fenólicos individuales y totales en pulpa fresca y durante la cocción del dulce para el cultivar *Beauregard*.



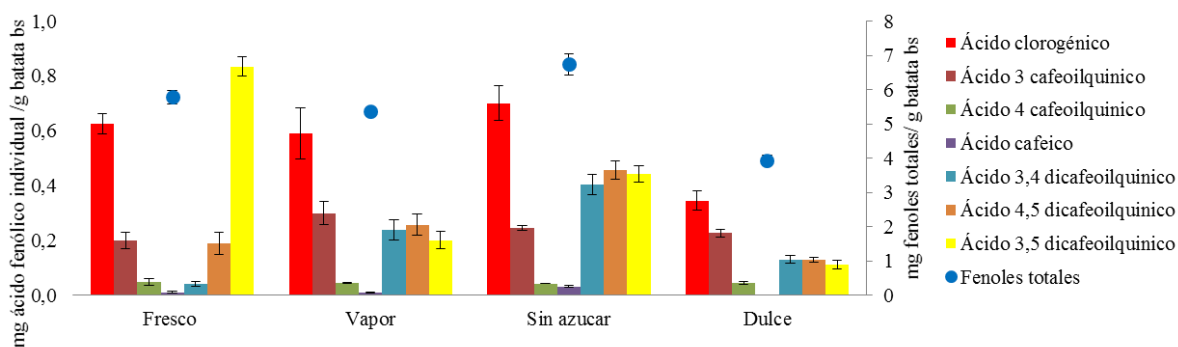


Figura 27: Contenido de ácidos fenólicos individuales y totales en pulpa fresca y durante la cocción del dulce para el cultivar *Colorado INTA*.

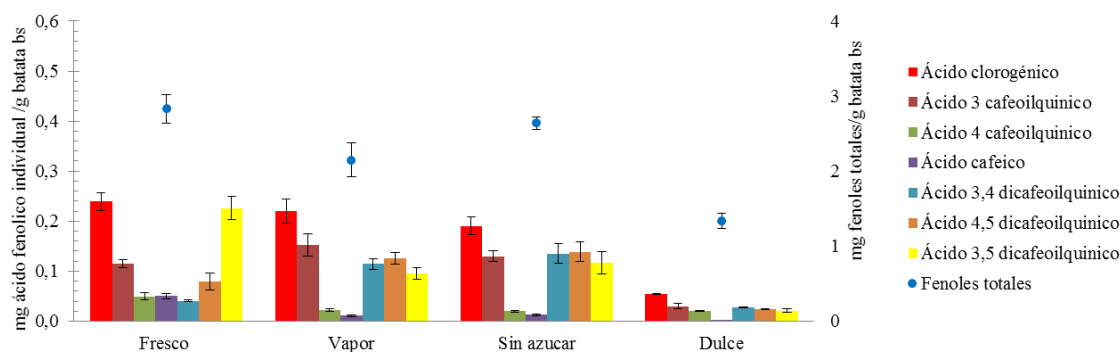


Figura 28: Contenido de ácidos fenólicos individuales y totales en batata entera fresca y durante la cocción del dulce para el cultivar *Beauregard*.

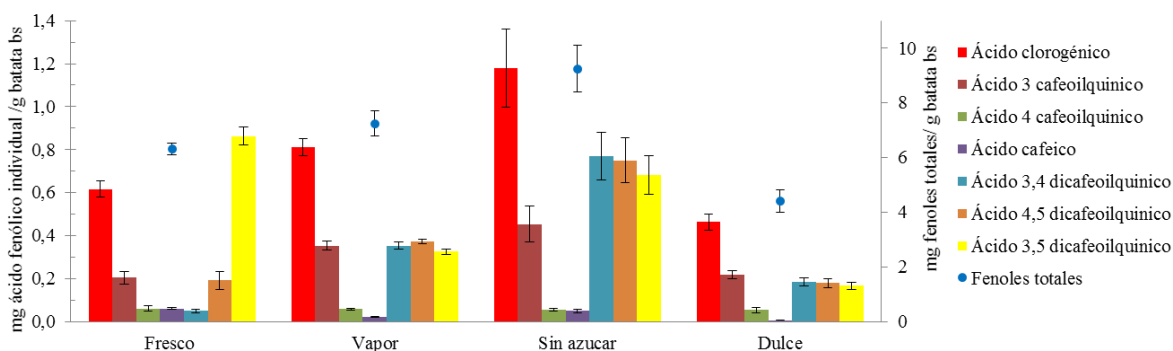


Figura 29: Contenido de ácidos fenólicos individuales y totales en batata entera fresca y durante la cocción del dulce para el cultivar *Colorado INTA*.

Al comparar las batatas frescas con las que fueron cocidas con vapor en el cultivar *Beauregard*, se observó que en la pulpa, los compuestos que disminuyeron en mayor proporción fueron los mayoritarios: ácidos clorogénico y 3,5 dicafeoilquínico. En cambio, en la batata entera, aunque este último se redujo, el primero no varió y algunos isómeros que se encontraban en menor proporción (3,4 y 4,5 dicafeoilquínico) aumentaron significativamente ( $p<0,05$ ). Estas variaciones justificarían los cambios mencionados en fenoles totales dónde, durante la cocción por vapor, la pulpa del cultivar *Beauregard* disminuyó en mayor proporción que la batata entera.

En el cultivar *Colorado INTA*, durante la cocción con vapor, en la pulpa también disminuyó ( $p<0,05$ ) uno de los compuestos mayoritarios (3,5 dicafeoilquínico) pero acompañado de un incremento ( $p<0,05$ ) en sus isómeros (3,4 y 4,5 dicafeoilquínicos) y en el 3 cafeoilquínico. El incremento de éstos compensaría la merma del 3,5 dicafeoilquínico lo que se reflejó en la pequeña disminución de los fenoles totales (7%). En la batata entera también hubo una merma ( $p<0,05$ ) del 3,5 dicafeoilquínico y un incremento ( $p<0,05$ ) de los isómeros 3,4 y 4,5 dicafeoilquínico y el 3 dicafeoilquínico. Además, en este caso aumentó ( $p<0,05$ ) el ácido clorogénico, contribuyendo al incremento reportado de los fenoles totales (15%).

Al elaborar los dulces a partir de las muestras cocidas con vapor, se observó en todos una disminución significativa ( $p<0,05$ ) en la mayoría de los compuestos evaluados. Del mismo modo que con los fenoles totales, se procedió a analizar si las variaciones encontradas en los ácidos fenólicos, se debían al agregado de azúcar o a la prolongación del tratamiento térmico. Puede observarse que todos los dulces presentaron un menor contenido en la mayoría de los ácidos fenólicos evaluados, con respecto a las batatas procesadas sin el agregado de azúcar. Particularmente, las mayores diferencias se observaron en los

compuestos mayoritarios. Del mismo modo que lo expresado al analizar la variación de los fenoles totales, se infiere que el agregado de azúcar sería el principal causante de la pérdida de los ácidos fenólicos estudiados.

Entre los trabajos que analizaron la variación de polifenoles individuales en distintos cultivares de batata sometidos a diferentes tratamientos térmicos, los resultados no siempre son coincidentes. En concordancia con este trabajo, en todos se observó disminución del ácido mayoritario 3,5 dicafeoilquínico, independientemente del tratamiento utilizado. Sin embargo, las variaciones en los demás compuestos no siempre resultaron comparables (Takenaka y col., 2006; Padda y Picha, 2008b; Jung y col., 2011; Bellaill y col., 2012).

#### **4.3.3. Actividad antioxidante:**

En la tabla 17 se muestra la actividad antioxidante para los dulces elaborados con pulpa y batata entera de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*. Al igual que lo observado previamente con el contenido de fenoles totales, los dulces del cultivar *Colorado INTA* presentaron una actividad antioxidante significativamente ( $p < 0,05$ ) mayor que los dulces del cultivar *Beauregard*. En ambos cultivares, la inclusión de la piel (batata entera) en la elaboración del dulce incrementó significativamente ( $p < 0,05$ ) la actividad antioxidante respecto a los dulces elaborados sólo con la pulpa.

Tabla 17: Actividad antioxidante expresados en mg de ácido clorogénico /100g batata bs para los dulces elaborados con pulpa y batata entera de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*.

	<i>Beauregard</i>	<i>Colorado INTA</i>
<b>Dulce pulpa</b>	124 <sup>aA</sup> ± 20	429 <sup>aB</sup> ± 21
<b>Dulce entera</b>	182 <sup>bB</sup> ± 8	514 <sup>bB</sup> ± 22

Cada valor es el promedio ± la desviación estándar de los resultados obtenidos.

Distintas letras indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre valores de una misma columna (a, b) y de una misma fila (A, B).

En todos los dulces analizados, se observó una merma importante en la actividad antioxidante con respecto a la batata fresca. Al igual que en el contenido de fenoles totales, se observaron mayores pérdidas respecto de las batatas crudas en el cultivar *Beauregard* (51% para los dulces elaborados con pulpa y 46% para los de batata entera) que en el cultivar *Colorado INTA* (40% y 31% respectivamente).

Considerando que en la actividad antioxidante de los dulces, al igual que en los compuestos analizados anteriormente, también se observaron importantes pérdidas con respecto a la pulpa y batata entera frescas, se analizó la variación de la actividad antioxidante luego de la cocción con vapor, dulces y muestras procesadas sin agregado de azúcar.

En la figura 30 se grafica la actividad antioxidante para las muestras de pulpa y batata entera frescas utilizadas como materia prima (fresco), luego de la cocción con vapor (vapor), procesadas sin agregado de azúcar (cocción si azúcar) y dulces (dulce) de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*. Se observó que, en el cultivar *Beauregard* durante la cocción con vapor, la actividad antioxidante disminuyó 31% en la batata entera y 55% en la pulpa. En cambio, en el cultivar *Colorado INTA* frente a al mismo método de cocción, la actividad antioxidante, en la pulpa se redujo 15% y en la batata entera se incrementó 15%.

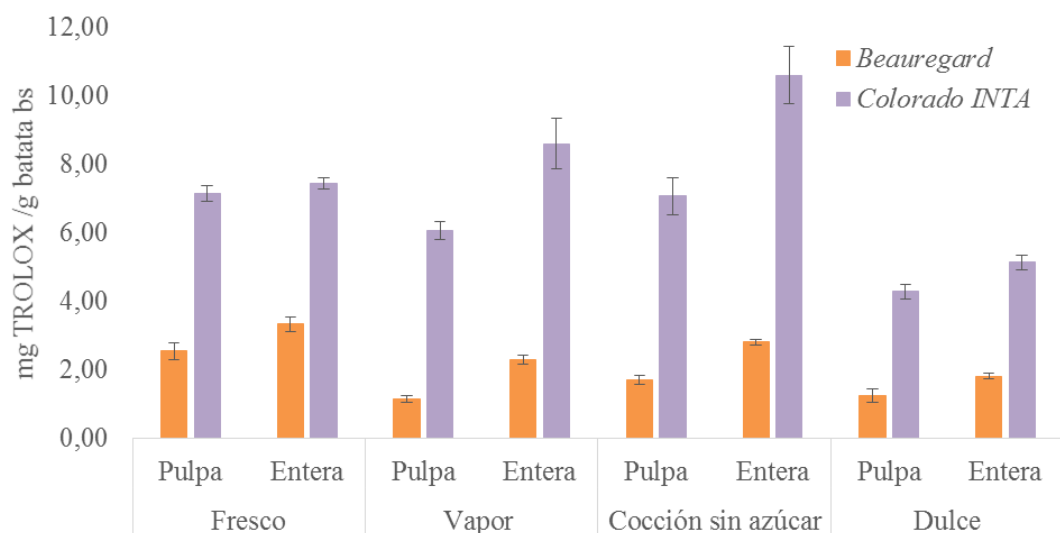


Figura 30: Actividad antioxidante de pulpa y batata entera en fresco y durante la elaboración del dulce expresada en mg de TROLOX /g batata bs.

Al elaborar los dulces a partir de las muestras cocidas con vapor, en todos se observaron disminuciones en la actividad antioxidante. En el cultivar *Beauregard*, se redujo un 21% en el dulce elaborado con la batata entera y un 8% en el dulce elaborado con pulpa. En el cultivar *Colorado INTA*, la actividad antioxidante disminuyó un 40% para el dulce elaborado con la batata entera y un 29% para el dulce elaborado con pulpa. Al comparar la actividad antioxidante del dulce con las batatas procesadas de la misma forma, sin agregado de azúcar, se observó que en los dulces elaborados con batatas del cultivar *Beauregard*, con y sin piel, se redujo un 35% y 27% respectivamente. En el cultivar *Colorado INTA*, las pérdidas fueron superiores, 52% en el dulce con batata entera y 39% en el de pulpa. Esto coincide con lo analizado previamente, acerca de que el agregado de azúcar incrementa la pérdida de la actividad antioxidante.

Al igual que lo mencionado al estudiar la variación en el contenido de fenoles totales, existe bibliografía contradictoria acerca de los efectos del tratamiento térmico sobre la actividad

antioxidante en distintos cultivares de batata. Algunos autores como Huang y col. (2006) analizaron la actividad antioxidante de seis cultivares de batata luego de diferentes tratamientos térmicos y hallaron que en todos disminuía pero en distintas proporciones. Por otro lado, Dincer y col. (2011), manifestaron que en algunos cultivares de batata la actividad antioxidante no presentaba cambios significativos luego del proceso de hervido pero que en otros cultivares disminuía significativamente. Sin embargo, otros autores como Bellail y col. (2012) y Tokusoglu y Yildirim, (2012) reportaron aumentos en la actividad antioxidante de distintos cultivares de batata luego de varios tratamientos térmicos, entre ellos, hervido, y cocción por vapor. En todos estos estudios, al igual que en el presente trabajo, la variación de la actividad antioxidante fue similar a la de los polifenoles.

#### **4.3.4. Carotenos totales:**

Los contenidos de carotenos totales para los dulces elaborados con la pulpa de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA* fueron  $14,2 \pm 0,45$  y  $15,2 \pm 0,94$   $\mu\text{g}$   $\beta$ -caroteno/g dulce respectivamente, no observándose diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ambos cultivares. Estos valores corresponden a  $108 \pm 21$  y  $114 \pm 26$   $\mu\text{g}$   $\beta$ -caroteno/g batata bs respectivamente.

Al comparar el contenido de carotenos retenido en los dulces con los valores de este compuesto en las batatas frescas, se observó que su disminución fue similar y considerablemente elevada para ambos cultivares (83% en el dulce del cultivar *Beauregard* y 80 % en el de *Colorado INTA*). De acuerdo a las estimaciones realizadas previamente (ver 4.1.5), una porción de 100 g de este producto sólo cubriría el 15% de la dosis diaria recomendada de vitamina A para niños en edad preescolar.

Del mismo modo que en los compuestos antes mencionados, se analizó la variación del contenido de carotenos totales luego de la cocción con vapor y procesado sin agregado de azúcar.

En la figura 31 se grafican los contenidos de carotenos totales para las muestras de pulpa frescas utilizadas como materia prima (fresco), luego de la cocción con vapor (vapor), procesadas sin agregado de azúcar (cocción si azúcar) y dulces (dulce) de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*.

Luego de la cocción con vapor, se observó que el contenido de carotenos se incrementó de manera significativa ( $p < 0,05$ ) para ambos cultivares, 32% para el cultivar *Beauregard* y 46% para *Colorado INTA*, sin diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ellos.

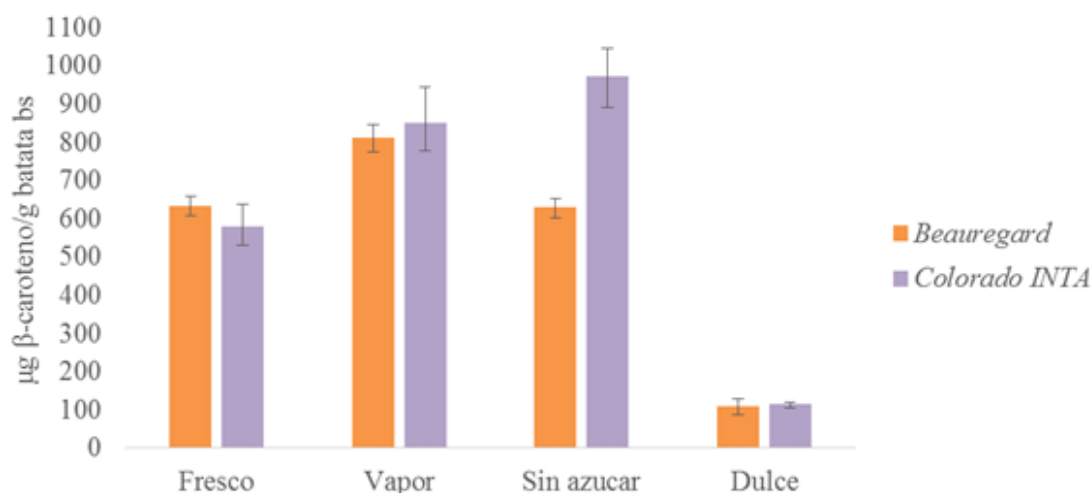


Figura 31: Contenido de carotenos totales para las muestras de pulpa fresca, luego de la cocción con vapor, dulce y procesada sin agregado de azúcar de los cultivares *Beauregard* y *Colorado INTA*.

Al elaborar el dulce a partir de las muestras cocidas con vapor, se observó que el contenido de carotenos disminuyó un aproximadamente un 85% en ambos cultivares.

Al comparar las muestras elaboradas sin y con azúcar, se observó que las primeras presentaron un contenido de carotenos aproximadamente 6 veces mayor en las del cultivar *Beauregard* y 9 veces en las del *Colorado INTA*. Por lo tanto, el agregado de azúcar sería la principal causa de la pérdida de los carotenos.

Los trabajos en los que se analizó la variación del contenido de carotenos en vegetales por tratamiento térmico, reportaron diferentes resultados dependiendo del vegetal y del tipo de proceso realizado. Rodríguez-Amaya (1997) menciona aumentos en este compuesto en porotos, espinaca y batata, particularmente cuando se hierven o se cocinan al vapor. Czygan, 1980 atribuyeron estos aumentos a la liberación de los carotenos de las uniones de lípidos y proteínas en los cromoplastos. Sin embargo, otros autores reportaron disminuciones en este compuesto en batatas luego de distintos tratamientos térmicos (Bengtsson y col., 2008; Vimala y col., 2011).



## 5. CONCLUSIONES

---

En esta tesis se observó que la composición y variación de los compuestos bioactivos es altamente dependiente del cultivar y sensible a diversos factores ambientales y de procesamiento.

Al comparar el contenido de estos compuestos en los cultivares evaluados y analizar su variación durante el almacenamiento controlado, se pudo concluir que:

- El cultivar *Colorado INTA* resultó más rico, en todos los compuestos analizados, que el cultivar *Beauregard*.
- La proporción de los fenoles individuales en la pulpa de ambos cultivares fue similar, pero *Colorado INTA* presentó mayor contenido de cada uno de ellos.
- A pesar de la presencia de vetas color púrpura en el cultivar *Colorado INTA*, éste no puede considerarse rico en antocianinas.
- El alto contenido de compuestos antioxidantes en la piel podría despertar el interés de las industrias en la extracción de los mismos para su incorporación en diversos alimentos con el fin de aprovechar su potencial como antioxidante natural y a su vez, emplear los residuos industriales que se generan durante la elaboración del dulce. Debido a la importante disminución de estos compuestos durante el almacenamiento, sería aconsejable utilizar las batatas recién cosechadas.
- La conservación a temperaturas controladas (90 días a 13 °C) incrementó el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante de la pulpa del cultivar *Colorado INTA*.

- La actividad antioxidante, tanto en la pulpa como en la piel de ambos cultivares puede atribuirse fundamentalmente a la presencia de polifenoles.
- Las batatas de pulpa naranja analizadas pueden considerarse una excelente fuente de compuestos provitamina A, tanto en los cultivares recién cosechados como luego de su almacenamiento en cámara.
- El parámetro de color  $a^*$  sería un buen indicador del contenido de carotenos totales sólo para grandes diferencias de color de pulpa.
- La elección del cultivar de batata a consumir puede provocar un gran impacto en el consumo de compuestos provitamina A y otros antioxidantes.
- La producción de distintas variedades de batata con elevada capacidad antioxidante, junto a la difusión de sus posibles beneficios para la salud, pueden constituir una herramienta que le permita al productor diferenciar el producto, captar el creciente segmento de consumidores interesados en alimentos saludables, y así aumentar el consumo.

Al evaluar las variaciones producidas durante la elaboración del dulce se pudo concluir que:

- La disminución en el contenido de los compuestos analizados durante la elaboración del dulce resultó considerable.
- La incidencia de la piel en el contenido de compuestos bioactivos en los dulces elaborados con batata entera fue baja. De acuerdo a lo analizado, la piel de batata en la industria alimentaria aportaría mayores beneficios a través de la extracción de sus compuestos antioxidantes que por su inclusión en la elaboración de dulces.

- Al igual que las batatas frescas, los dulces elaborados con el cultivar *Colorado INTA*, resultaron más ricos en polifenoles y actividad antioxidante que las del cultivar *Beauregard*. Sin embargo, no se diferenciaron en el contenido de carotenos.
- El efecto de la cocción con vapor fue diferente para cada cultivar, en *Beauregard* el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante disminuyeron y en la batata entera de *Colorado INTA* se incrementaron.
- Durante el procesamiento, las disminuciones más importantes se produjeron luego del agregado del azúcar. Por lo tanto, para disminuir las pérdidas de polifenoles totales y la actividad antioxidante en el dulce de batata debería considerarse reducir el tiempo de cocción del puré con el azúcar o analizar el efecto de otros edulcorantes nutritivos. Además de utilizar cultivares, como *Colorado INTA*, con mejores propiedades funcionales.
- La elección del cultivar de batata a consumir y su método de cocción pueden provocar un gran impacto en el consumo de vitamina A y otros compuestos antioxidantes.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

---

A.O.A.C., Association of the Official Analytical Chemists. (1990). 920.151. Official Methods of the Association of the Official Analytical Chemists, Ed. Horwitz, W., 14th ed., Washington, DC.

Ameny, M.A.; Wilson, P.W. (1997). Relationship between Hunter color values and b-carotene contents in white-fleshed African sweetpotatoes (*Ipomoea batatas* Lam). *Journal of the Science of Food and Agricultural*, 73: 301–306.

Barbero, L.; Canziani, C.; Esbry, N. (2012). Estudio sobre hábitos de consumo de Frutas y Verduras de los consumidores cordobeses. Documento de trabajo para el programa de desarrollo territorial en el área metropolitana de Córdoba – ADEC.

Bellail, A.A; Shaltout, O.A.; Youssef, M.M.; El Gamal, A.M.A. (2012). Effect of Home-Cooking Methods on Phenolic Composition and Antioxidant Activity of Sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) Cultivars Grown in Egypt. *Food and Nutrition Sciences*, 3: 490-499.

Bengtsson, A.; Namutebi, A., Larsson Alminger, M.; Svanberg, U. (2008). Effects of various traditional processing methods on the all-trans-b-carotene content of orange-fleshed sweet potato. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21:134–143.

Bernal, J.; Mendiola, J.A.; Ibañez, E.; Cifuentes, A. (2011). Review: Advanced analysis of nutraceuticals. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 55: 758–774.

Borrás, G.; Viteri, ML.; Aulicino; JM.; Castro Feijo, G. (2014). Hortalizas: Una visión desde los Consumidores. En: *Tomate y Lechuga: Producción, Comercio y Consumo. Estudios Socioeconómicos de los Sistemas Agroalimentarios y Agroindustriales*. Ed. Viteri, ML; Ghezán, G.; Iglesias, D. Publicación INTA 13. ISSN 1852-4605.

Borsarelli C. y Mercadante A. (2010). Thermal and photochemical degradation of carotenoids. En: Carotenoids: physical, chemical, and biological functions and properties. Ed. Landrum J. CRC Press, Boca Raton, USA.

Bovell-Benjamin, A. C. (2007). Sweet potato: A review of its past, present, and future role in human nutrition. *Advances in Food and Nutrition Research*, 52:1–59.

Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E.; and Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 28:25-30.

C.A.A (Código Alimentario Argentino), Capítulo X, Artículo 811 (Dec 112, 12/01/1976).

[http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/marco/CAA/capitulospdf/Capitulo\\_X.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/marco/CAA/capitulospdf/Capitulo_X.pdf).

Cao, G., Sofic, E., & Prior, R.L. (1996). Antioxidant activity of tea and common vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44: 3426-3431.

Cevallos-Casalas, B.A.; Cisneros-Zevallos, L.A. (2003). Stoichiometric and kinetic studies of phenolic antioxidants from Andean purple corn and red-fleshed sweetpotato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 3313–3319.

CIP - Centro Internacional de la Papa. 2010. La batata en cifras: producción, utilización, consumo, alimentación. Disponible en <http://www.cipotato.org>.

CIP (Centro Internacional de la Papa). <http://cipotato.org/sweetpotato/nutrition>. Acceso en Mayo 2012.

Ciz, M.; Cizová, H.; Denev, P.; Kratchanova, M.; Slavov, A.; Lojek, A. (2010). Different methods for control and comparison of the antioxidant properties of vegetables. *Food control*, 21: 518-523.

Cross, C. E.; Halliwell, B.; Borish, E-T.; Pryor, W. A.; Ames, B. N.; Saul, R. L. (1987) Oxygen radicals and human disease. *Annals of Internal Medicine*, 107:526-45.

Cusumano, C.; Zamudio, N. (2013). Manual técnico para el cultivo de batata (camote o boniato) en la provincia de Tucumán, Argentina. - 1a. ed. - Famaillá: Ed. INTA.

Czygan, F.Z. (1980). *Pigments in plants*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Dai, J.; Mumper, R. J. (2010). Review Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. *Molecules*. 15, 7313-7352.

De Ancos, B.; Colina-Coca, C.; González-Peña, D.; Sánchez-Moreno, C. (2015). Chapter 1. Bioactive compounds from vegetable and fruit by-products. En: *Biotechnology of Bioactive Compounds: Sources and Applications*. Ed. Vijai Kumar Gupta, Maria G. Tuohy, Mohtashim Lohani, Anthonia O'Donovan. Publicado por John Wiley & Sons, Ltd.

De Moura, F.; Miloff, A.; Boy, E. (2015) Retention of Provitamin A Carotenoids in Staple Crops Targeted for Biofortification in Africa: Cassava, Maize and Sweet Potato, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55:9, 1246-1269.

Dincer, C.; Karaoglan, M.; Erden, F.; Tetik, N.; Topuz, A.; Ozdemir, F. (2011). Effects of Baking and Boiling on the Nutritional and Antioxidant Properties of Sweet Potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] Cultivars. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66:341–347.

Dixon, R. A.; Paiva, N.L. (1995). Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *Plant Cell*, 7:1085–1097.

Dowd, P.F.; Vega, F. E. (1996). Enzymatic oxidation of allelochemicals as a basis for resistance against insects: effects on the cornleafhopper *Dallius maiclis*. Natural Toxins, 4:85-91.

Espin, J.C.; Garcia-Conesa, M.T.; Tomas-Barberan, F.A. (2007). Nutraceuticals: facts and fiction. Phytochemistry, 68: 2986–3008.

Ezell, B. D.; Wilcox, M. S. (1948). Effect of variety and storage on carotene and total carotenoid pigments in sweetpotatoes. Journal of Food Science, 13: 203–212.

FAOSTAT (Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura). Acceso en Mayo 2015.

[http://faostat3.fao.org/home/index\\_es.html?locale=es#DOWNLOAD\\_STANDARD](http://faostat3.fao.org/home/index_es.html?locale=es#DOWNLOAD_STANDARD).

Farkas, G.L.; Kiraly, Z. (1962). Phenolic compounds in the physiology of plant diseases and disease resistance. Phytopathologische Zeitschrift, 44:105-150.

Fennema, O.R.; Damodaran, S.; Parkin, K. L. (2010). Fennema. Química de Alimentos. 3º Ed. Acribia.

Frey-Wyssling, A.; S. Babler. (1957). Biochemistry of greenhouse tobacco. Naturwissenschaften, 13:399-400.

Fuleki, T.; Francis, F.J. (1968). Quantitative Methods for anthocyanins. Determination of total anthocyanins and degradation index for cranberry juice. Journal of Food Science, 33: 78-83.

Furuta, S.; Suda, I.; Nishiba, Y.; Yamakawa, O. (1998). High tertbutylperoxyl radical scavenging activities of sweetpotato cultivars with purple flesh. Food Science and Technology International of Tokyo, 4: 33–35.

Grace, M. H.; Yousef, G. G.; Gustafson, S.J.; Truong, V. D.; Yencho, G. C.; Lila M. A. (2014). Phytochemical changes in phenolics, anthocyanins, ascorbic acid and carotenoids associated with sweet potato storage and impacts on bioactive properties. *Food chemistry*, 145: 717-724.

Gross, J. Pigments in vegetable. En: *Chlorophylls and carotenoids*. (1991). New York: Van Nostrand Reinhold, 75-334.

Hagenimana, V.; Carey, E.E.; Gichiki, S.T.; Oyunga, M.A.; Imungi, J. K. (1999). Carotenoid content in fresh, dried and processed sweet potato products. *Ecology of Food and Nutrition*, 37: 455-473.

Halliwell, B. (1994). Free radicals, antioxidants, and human disease: curiosity, cause, or consequence. *Lancet*, 344:721-24.

Harrison, H. F.; Peterson, J.K.; Snook, M.E.; Bohae, J. R.; Jackson, D. M. (2003). Quantity and potential biological activity of caffeic acid in sweet potato storage root periderm. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:2943-2948.

Hayashi, K.; Ohara, N.; Tsuku, A. (1996). Stability of Anthocyanins in Various Vegetables and Fruits. *Food Science and Technology International*, 2 (1) 30-33.

Hocman, G., (1988). Chemoprevention of cancer—phenolic antioxidants (BHT, BHA). *International Journal of Biochemistry*, 20, 639–651.

Huang, Y. C.; Chang, Y. H.; Shao, Y. Y.; (2006). Effects of genotype and treatment on the antioxidant activity of sweet potato in Taiwan. *Food Chemistry*, 98:529–538.

Huang, Y. H.; Picha, D. H.; Johnson, C.E. (1998). An alternative method for enzymatic assay of plant invertases. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 3158-3161.



INTA-CMCBA. 2013. Gacetilla de Frutas y Hortalizas del Convenio Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria- Secretaría de Comercio Interior Corporación del Mercado Central de Buenos Aires N° 21. Marzo 2013. En: <http://www.mercadocentral.gob.ar/gacetilla/gacetilla21.pdf>.

Ishiguro, K.; Yahara, S.; Yoshimoto, M. (2007). Changes in Polyphenolic Content and Radical-Scavenging Activity of Sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) during Storage at Optimal and Low Temperatures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 10773–10778.

Jung, j. K.; Lee, S.U.; Kozukue, N.; Levin, C.E.; Friedman, M. (2011). Distribution of phenolic compounds and antioxidative activities in parts of sweet potato (*Ipomoea batata* L.) plants and in home processed roots. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24: 29–37.

Kaur, C.; Kapoor, H. (2001). Review: Antioxidants in fruits and vegetables- The millennium's health. *International Journal of Food Science and Technology*, 36: 703-725.

Kidmose, U.; Christensen, L. P.; Agili, S. M.; Thilsted, S. H. (2007). Effect of home preparation practices on the content of provitamin A carotenoids in coloured sweet potato varieties (*Ipomoea batatas* Lam.) from Kenya. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8:399–406.

Kojima, M.; Kondo, T. 1985. An enzyme in sweet potato root which catalyzes the conversion of chlorogenic acid, 3-caffeoylquinic acid, to isochlorogenic acid, 3,5-dicaffeoylquinic acid. *Agricultural and Biological Chemistry*, 49, 2467–2469.

K'osambo, L. M.; Carey, E. E.; Mirsa, A. K.; Wilkes, J.; Hagenimana, V. (1998) Influence of age, farming site, and boiling on pro-vitamin A content in sweet potato

(*Ipomoea batatas* (L.) Lam) storage roots. *Journal of Food Composition and Analysis*, 11:305–321.

Krishnakumar, V.; Gordon, I. (1996). Antioxidants – trends and developments. *International Food Ingredients*, 12: 41–44.

Kué, R.E.; Henze, R.E.; Ullstrup, A.J.; Quackenbush, F.W. (1956). Chlorogenic and caffeic acids as fungistatic agents produced by potatoes in response to inoculation with *Helminthosporium carlini*. *International American Chemical Society*, 78:3123-3125.

Kurata, R.; Adachi, M.; Yamakawa, O.; Yoshimoto, M. (2007). Growth suppression of human cancer cells by polyphenolics from sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55:185–190.

Lachman, J.; Hamouz, K.; Orsák, M.; Pivec, V.; Hejtmánková, K.; Pazderr, K.; Dvorak, P.; Cepl, J. (2012). Impact of selected factors – Cultivar, storage, cooking and baking on the content of anthocyanins in coloured-flesh potatoes. *Food Chemistry*, 133, (4): 1107–1116.

Lattanzio, V.; Cardinali, A.; Palmieri, S. (1994). The role of phenolics in the postharvest physiology of fruits and vegetables: browning reactions and fungal diseases. *Italian Journal of Food Science*, 1: 3–22.

Lee, K. J.; Dabrowski, K.; Rinchard, J. (2004). Supplementation of maca (*Lepidium meyenii*) tuber meal in diets improves growth rate and survival of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) alevins and juveniles. *Aquaculture Research*, 35: 215-223.

Lieberman, M.; Craft, C.; Wilcox, M. S. (1959). Effect of chilling on the chlorogenic acid and ascorbic acid content of Port Rico sweetpotatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 74: 642–648.

Liu, R.H. 2013. Dietary bioactive compounds and their health implications. *Journal of Food Science*, 78 (1): A18–A25.

Lott, H.V. (1960). The effect of light of short wavelength on the biosynthesis of polyphenols in plants. *Planta*, 55:480-495.

Ludvik, B.; Hanefeld, M.; Pacini, M. (2008). Improved metabolic control by *Ipomoea batatas* (Caiapo) is associated with increased adiponectin and decreased fibrinogen levels in type 2 diabetic subjects. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 10: 586–592.

Manach, C.; Scalbert, A.; Morand, C.; Rémés, C.; Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79:727-747.

Martí, Héctor R; Mitidieri, Mariel S; Di Feo, Liliana; Segade, Gonzalo; Constantino, Armando. (2014). *Producción agroecológica de batata para el gran cultivo y la huerta familiar*. 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ed. INTA. 80 p.

McAlindon, T. E. (2006). Nutraceuticals: do they work and when should we use them? *Clinical Rheumatology*, 20: 99–115.

Morrison, T.; Pressey, R.; Kays, S.J. (1993). Changes in  $\alpha$ - and  $\beta$ -amylase during storage of sweet potato lines with varying starch hydrolysis potential. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 118: 236–242.

Mozafar, A. *Plant vitamins. Agronomic, physiological and nutritional aspects*. (1994). Florida, USA: CRC Press, Inc. 19–87.

Nicoli, M.C.; Anese, M.; Parpinel, M. (1999). Influence of processing on the antioxidant properties of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 10, 94-100.

Odake, K.; Terahara, N.; Saito, N.; Toki, K.; Honda, T. (1992). Chemical structures of two anthocyanins from purple sweet potato, *Ipomoea batatas*. *Phytochemistry*, 31, 2127-2130.

Oki, T.; Masuda, M.; Furuta, S.; Nishiba, Y.; Terahara, N.; Suda, I.; (2002). Involvement of anthocyanins and other phenolic compounds in radical-scavenging activity of purple-fleshed sweet potato cultivars. *Journal of Food Science*, 67:1752–1756.

Padda, M. S.; Picha, D. H. (2007). Methodology optimization for quantification of total phenolics and individual phenolic acids in sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) roots. *Journal of Food Science*, 72: C412–C416.

Padda, M. S.; Picha, D. H. (2008a). Effect of low temperature storage on phenolic composition and antioxidant activity of sweetpotatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 47:176–180.

Padda, M. S.; Picha, D. H. (2008b). Phenolic composition and antioxidant capacity of different heat-processed forms of sweetpotato cv. *Beauregard*. *International Journal of Food Science and Technology*, 43:1404–1409.

Padda, M. S.; Picha, D. H. (2008c). Quantification of phenolic acids and antioxidant activity in sweetpotato genotypes. *Scientia Horticulturae*, 119: 17–20.

Peñarrieta, J. M.; Tejeda, L.; Mollinedo, P.; Vila, J. L.; Bravo, J.A. (2014). Phenolic compounds in food. *Bolivian Journal of Chemistry*, 31(2) 68-81.

Peschel, W.; Sánchez-Rabaneda, F.; Diekmann, W.; Plescher, A.; Gartzía, I.; Jiménez, D.; Lamuela-Raventós, R.; Buxaderas, S.; Codina, C. (2006). An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes. *Food Chemistry*, 97:137–150.

Peterson, J. K.; Harrison, H. F.; Snook, M.E.; Jackson, D.M. (2005). Chlorogenic acid content in sweetpotato germplasm: possible role in disease and pest resistance. *Allelopathy Journal*, 16: 239–249.

Philpott, M.; Gould, K.S.; Markham, K.R.; Lewthwaite, S.L.; Ferguson, L.R. (2003). Enhanced coloration reveals high antioxidant potential in new sweetpotato cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, 1076–1082.

Picha, D.H. (1985). Crude protein, minerals, and total carotenoids in sweetpotatoes. *Journal of Food Science*, 50: 1768-1769.

Pietta, P.G. (2000). Flavonoids as antioxidants. *Journal of Natural Products*, 62: 1035-1042.

Postlethwait, E. M.; Langford, S. D. (1995). NO<sub>2</sub> reactive absorption substrates in rat pulmonary surface lining fluids. *Free Radical Biology and Medicine*, 19 (5): 553-63.

Rabah, I. O.; Hou, D. X.; Komine, S. I.; Fuji, M. (2004). Potential chemopreventive properties of extract from baked sweetpotato (*Ipomoea batatas* Lam. Cv. Koganesengan). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 7152–7157.

Rajeshwari, C.U.; Shobha, R.I.; Andallu, B. (2014). Review: Phytochemicals in diet and human health with special reference to polyphenols. *Annals of Phytomedicine*, 3(2): 4-25.

Ramos, P.; Herrera, R.; Moya-León, M. A. (2015). Chapter: Anthocyanins: Food sources and benefits to consumer's health. En: *Handbook of Anthocyanins*. Ed. Leah M. Warner. Publicado por Nova Science Publishrs, Inc., 373-394.

Rautenbach, F.; Faber, M.; Laurie, S.; Laurie R. (2010). Antioxidant Capacity and Antioxidant Content in Roots of 4 Sweetpotato Varieties. *Journal of Food Science*, 75. 5: 400-405.

Rimbach, G.; Fuchs, J.; Packer, L. (2005). *Nutrigenomics*. Ed. Gerald Rimbach, Jorgen Fuchs, Lester Packer. Publicado por Boca Raton: Taylor & Francis.

Robbins, R. (2003). Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:2866-2887.

Rodriguez-Amaya, D. B.; Kimura, M. (2004). *Harvestplus Handbook for Carotenoid Analysis*. HarvestPlus Technical Monograph 2. Washington, DC and Cali: International Food Policy Research Institute (IFPRI) and International Center for Tropical Agriculture (CIAT), 1–58.

Rodriguez-Amaya, D.B. (1997). Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed and stored foods. USAID-OMNI, Washington DC. Project`. Arlington, VA: John Snow, Inc., 1–88.

Roomi, M. W.; Roomi, N.; Ivanov, V.; Kalinovsky, T.; Niedzwiecki, A.; Rath, M. (2005). Inhibitory effect of a mixture containing ascorbic acid, lysine, proline and green tea extract on critical parameters in angiogenesis. *Oncology reports*; 14(4):807-15.

Shahidi, F.; Naczk, M. (2004). *Phenolics in food and nutraceuticals*. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida.

Scott, G.J., M. Rosegrant, and C. Ringler. 2000. Roots and tubers for the 21st Century: Trends, projections, and policy options. Food, Agriculture and the Environment Discussion 31. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute (IFPRI) and International Potato Center (CIP).

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. (S.A.G.P. y A). (2000). Dirección de Industria Alimentaria. Cadena de dulces sólidos: Batata y membrillo.

Shi, Z.; Bassa, I. A.; Gabriel, S. L.; Francis, F. J. (1992). Anthocyanin pigments of sweetpotatoes—*Ipomoea batatas*. *Journal of Food Science*, 57, 755–757.

Shih, M. C.; Kuo, C. C.; Chiang, W.; (2009). Effects of drying and extrusion on colour, chemical composition, antioxidant activities and mitogenic response of spleen lymphocytes of sweet potatoes. *Food Chemistry*, 117:114–121.

Silalahi, J. (2001). Free radicals and antioxidant vitamins in degenerative disease. *Journal of the Indian Medical Association*, II. 1-13.

Singleton, V. L.; Rossi, J. A. Jr. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16:144-158.

Stathers, T.; Bechoff, A.; Sindi, K.; Low, J.; Ndyetabula, D. (2013). International Potato Center, Everything You Ever Wanted to Know about Sweetpotato: Reaching Agents of Change ToT Training Manual, 5:188.

Steed, L.E.; Truong, V.D.; (2008). Anthocyanin content, antioxidant activity and selected physical properties of flowable purple-fleshed sweetpotatoes purees. *Journal of Food Science*, 73: S215-S221.

Takahata, Y.; Nota, T.; Nagata, T. (1993). HPLC determination of  $\beta$ -carotene content of sweet potato cultivars and its relationship with color values. *Japan Journal Breed*, 43: 421-427.

Takenaka, M.; Nanayana, K.; Isobe, S.; Murata, M. (2006). Changes in caffeic acid derivatives in sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) during cooking and processing. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 70. 1: 172-177.

Teow, C. C.; Truong, V. D.; McFeeters, R. F.; Thompson, R. L.; Pecota, K. V.; Yencho, G. C.; (2007). Antioxidant activities, phenolic and b-carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chemistry*, 103:829–838.

Tiwari, A.; Brahm Kumar Pandey; Bhooshan, K.; Abidi, A.B; Ibrahim, S. (2013). Therapeutic potential of Indian medicinal plants in diabetic conditions. *Annals Phytomedicine*, 2 (1):37-43.

Tokusoglu O.; Yildirim Z. (2012) Effects of cooking methods on the anthocyanin levels and antioxidant activity of a local Turkish sweet [*Ipomoea batatas* (L.) LAM] cultivar HATAY KIRMIZI: boiling, steaming and frying effects. *Turkish Journal of Field Crops*, 17(1):87-90.

Trumbo, P.; Yates, A.A.; Schlicker, S.; Poos, M. (2001). Dietary reference intakes: vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. *Journal of the American Dietetic Association*, 101:294–301.

Truong, V.D.; McFeeters, R.; Thompson, R.; Dean, L.; Shofran, B. (2007). Phenolic acid content and composition in leaves and roots of common commercial sweetpotato (*Ipomea batatas* L.) cultivars in the United States. *Journal of Food Science*, 72:C343–349.

Turkmen, N.; Sari, F.; Velioglu, S. (2005). The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry*, 93:713-718.



United States Department of Agriculture (USDA). (2009). Food Composition. <http://fnic.nal.usda.gov/food-composition>.

Van Jaarsveld, P. J.; Faber, M.; Tanumihardjo, S. A.; Nestel, P.; Lombard, C. J.; Benade, A. J. (2005). Carotene-rich orange-fleshed sweet potato improves the vitamin A status of primary school children assessed with the modified-relative-dose-response test. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81: 1080-1087.

Vimala, B.; Nambisan, B.; Hariprakash, B. (2011). Retention of carotenoids in orange-fleshed sweet potato during processing. *Journal of Food Science and Technology*, 48 (4): 520–524.

Vinson, J.A.; Hao, Y.; Su, X.; Zubik, L. (1998). Phenol antioxidant quantity and quality in foods: Vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 3630-3634.

Walter, W. M.; Schadel, W.E. (1981). Distribution of phenols in ‘Jewel’ sweet potato [*Ipomoea batatas* Lam.] roots. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 29: 904–906.

Wang, T. H.; Chen, B. Y.; Shen, Y. P; Wong, J. J; Yang, C. C; Lin, T.C. (2012) Influences of superheated steaming and roasting on the quality and antioxidant activity of cooked sweet potatoes. *International Journal of Food Science and Technology*, 47:1720–1727.

WHO (World Health Organization). 2000. Vitamin A deficiency. Available at <http://www.who.int/vaccines-diseases>.

Woolfe, J. 1993. “Sweet potato: An untapped food resource”. Cambridge: Cambridge University Press.

Wu, X., Sun, C., Yang, L., Zeng, G., Liu, Z., Li, Y. (2008).  $\beta$ -carotene content in sweet potato varieties from China and the effect of preparation on  $\beta$ -carotene retention in the Yanshu No. 5. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9: 581–586.

Xu, B. J.; Chang, S. K. C. (2009). Phytochemical profiles and health-promoting effects of cool-season food legumes as influenced by thermal processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(22), 10718–10731.

Yamakawa, O.; Yoshimoto, M. (2001). Sweet potato as food material with physiological functions. *Proceeding of the First International Conference on Sweet Potato. Food and Health for the Future. Acta Horticulturae*, 583:173-184.

Yoshimoto, M., Yamakawa, O., Tanoue, H. (2005). Potencial chemopreventive properties and varietal difference of dietary fiber from sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) root. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 39 (1), 37-43.

Yoshimoto, M.; Okuno, S.; Yamaguchi, M.; Yamakawa O. (2001). Antimutagenicity of deacylated anthocyanins in purplefleshed sweet potato. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 65: 1652–1655.